

## **Règlement grand-ducal du 9 juin 2021 concernant la performance énergétique des bâtiments.**

Nous Henri, Grand-Duc de Luxembourg, Duc de Nassau,

Vu la loi modifiée du 5 août 1993 concernant l'utilisation rationnelle de l'énergie ;

Vu la loi modifiée du 10 juin 1999 relative aux établissements classés ;

Vu la loi modifiée du 1<sup>er</sup> août 2007 relative à l'organisation du marché de l'électricité ;

Vu la loi modifiée du 1<sup>er</sup> août 2007 relative à l'organisation du marché du gaz naturel ;

L'avis de la chambre des fonctionnaires et des employés publics ayant été demandé ;

Vu les avis de la Chambre de commerce, de la Chambre des métiers et de la Chambre des salariés ;

Notre Conseil d'État entendu ;

De l'assentiment de la Conférence des présidents de la Chambre des députés ;

Sur le rapport de Notre Ministre de l'Énergie et après délibération du Gouvernement en conseil ;

*Arrêtons :*

### **Chapitre 1<sup>er</sup> – Objet, champ d'application et définitions**

#### **Section 1<sup>re</sup> – Objet et champ d'application**

##### **Art. 1<sup>er</sup>.**

Dans le but de promouvoir l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments, le présent règlement fixe :

- 1° la méthode de calcul de la performance énergétique intégrée des bâtiments ;
- 2° les exigences en matière de performance énergétique pour les bâtiments neufs et pour les bâtiments qui font l'objet de travaux d'extension, de modification ou de transformation substantielle et qui, après ces travaux, sont des bâtiments ;
- 3° la certification de la performance énergétique des bâtiments.

##### **Art. 2.**

Le présent règlement ne s'applique pas :

- 1° aux bâtiments érigés à titre provisoire dont l'utilisation prévisible ne dépasse pas deux années ;
- 2° aux ateliers et bâtiments agricoles qui présentent une faible demande d'énergie. Un bâtiment présente une faible demande d'énergie si son utilisation exige un chauffage qui ne dépasse pas 12 degrés Celsius et n'exige pas de climatisation ;
- 3° aux bâtiments dont la destination exige une ouverture large et permanente vers l'extérieur ;
- 4° aux bâtiments dans lesquels l'énergie est utilisée exclusivement dans les procédés de production ;
- 5° aux bâtiments servant de lieux de culte et destinés à l'exécution de pratiques religieuses ;
- 6° aux bâtiments indépendants dont la surface de référence énergétique  $A_n$  est inférieure à cinquante mètres carrés.

## Section 2 – Définitions

### Art. 3.

Aux fins du présent règlement, on entend par :

- (1) « bâtiment » : une construction dotée d'un toit et de murs dans laquelle de l'énergie est utilisée pour réguler le climat intérieur. Ce terme peut désigner un bâtiment dans son ensemble ou des parties de bâtiment qui ont été conçues ou modifiées pour être utilisées séparément ;
- (2) « bâtiment d'habitation » : bâtiment pris dans son ensemble dans lequel au moins 90 pour cent de la surface est destinée à des fins d'habitation. La surface du bâtiment est calculée :
  - 1° sur base de la surface de référence énergétique  $A_n$  pour les bâtiments qui ne sont pas soumis au statut de la copropriété ou qui sont soumis au statut de la copropriété, mais encore sans état descriptif de division en conformité avec le règlement grand-ducal du 22 juin 1988 concernant la publicité en matière de copropriété. Dans le deuxième cas, il est fait abstraction des parties communes. Les parties privatives à prendre en considération et la destination des parties privatives à des fins d'habitation ou à des fins autres que l'habitation sont arrêtées et publiées par le ministre ;
  - 2° sur base de la surface utile des différents lots privatifs pour les bâtiments soumis au statut de la copropriété et disposant d'un état descriptif de division en conformité avec le règlement grand-ducal du 22 juin 1988 concernant la publicité en matière de copropriété. Les lots privatifs à prendre en considération et la destination de ces lots privatifs à des fins d'habitation ou à des fins autres que l'habitation sont arrêtés et publiés par le ministre ;
- (3) « bâtiment existant » : un bâtiment qui n'est pas un bâtiment neuf ;
- (4) « bâtiment fonctionnel » : un bâtiment qui n'est pas un bâtiment d'habitation ;
- (5) « bâtiment dont la consommation d'énergie est quasi nulle » : un bâtiment qui a des performances énergétiques très élevées et respecte les exigences minimales définies à l'annexe I, chapitres 1<sup>er</sup>, 2.1 et 2.2, pour les bâtiments d'habitation respectivement les exigences minimales définies à l'annexe II, chapitres 1<sup>er</sup> et 2, pour les bâtiments fonctionnels ;
- (6) « bâtiment neuf » : tout nouveau bâtiment à construire soumis à autorisation de construire ;
- (7) « besoin énergétique calculé » : le besoin annuel calculé en énergie ;
- (8) « calcul de performance énergétique » : méthode de calcul visée à l'annexe I, chapitre 3, pour les bâtiments d'habitation et à l'annexe II, chapitre 4, pour les bâtiments fonctionnels pour déterminer la performance énergétique ;
- (9) « certificat de performance énergétique » : attestation de la performance énergétique d'un bâtiment établie suivant les dispositions de l'annexe I, chapitres 3 et 4, pour les bâtiments d'habitation, ainsi que de l'annexe II, chapitres 4 et 5, pour les bâtiments fonctionnels ;
- (10) « consommation énergétique mesurée » : la consommation annuelle mesurée en énergie ;
- (11) « énergie primaire » : une énergie provenant de sources renouvelables ou non renouvelables qui n'a subi aucun processus de conversion ni de transformation ;
- (12) « extension d'un bâtiment » : les travaux de rénovation, d'assainissement ou de transformation d'un bâtiment qui modifient la surface de référence énergétique  $A_n$  et pour lesquels une autorisation de construire est requise ;
- (13) « ministre » : le ministre ayant l'Énergie dans ses attributions ;
- (14) « modification d'un bâtiment » : les travaux de rénovation, d'assainissement et de transformation d'un bâtiment qui affectent le comportement énergétique et qui ne modifient pas la surface de référence énergétique  $A_n$  et pour lesquels une autorisation de construire est requise ;
- (15) « performance énergétique » : la quantité d'énergie effectivement consommée ou estimée pour répondre aux différents besoins liés à une utilisation standardisée du bâtiment et incluant l'énergie consommée ou estimée pour le chauffage, l'eau chaude, la ventilation, la climatisation, l'éclairage, l'humidification et l'énergie pour les installations périphériques, mais excluant l'énergie utilisée dans les procédés de production ;
- (16) « surface de l'enveloppe thermique A » : la surface de l'enveloppe thermique du bâtiment A telle que définie à l'annexe I, chapitre 5.1.5, pour les bâtiments d'habitation et à l'annexe II, chapitre 6.3, pour les bâtiments fonctionnels ;
- (17) « surface de référence énergétique  $A_n$  » : la surface de référence énergétique  $A_n$  telle que définie à l'annexe I, chapitre 5.1.2, pour les bâtiments d'habitation et à l'annexe II, chapitre 6.2, pour les bâtiments fonctionnels ;

(18) « transformation substantielle d'un bâtiment » : les travaux de rénovation, d'assainissement et de transformation d'un bâtiment, qui affectent le comportement énergétique du bâtiment et qui ne sont pas soumis à une autorisation de construire ;

(19) « volume conditionné brut  $V_e$  » : le volume conditionné brut  $V_e$  tel que défini à l'annexe I, chapitre 5.1.4, pour les bâtiments d'habitation et à l'annexe II, chapitre 6.4, pour les bâtiments fonctionnels.

## **Chapitre 2 – Bâtiments neufs, existants, extensions, modifications et transformations substantielles de bâtiments**

### **Section 1<sup>re</sup> – Généralités**

#### **Art. 4.**

(1) Toute demande d'autorisation de construire pour un bâtiment neuf ou pour une extension ou une modification d'un bâtiment doit être accompagnée d'un calcul de performance énergétique et d'un certificat de performance énergétique, tels que définis à l'article 3, paragraphes 8 et 9. Sur demande, les éléments du calcul de performance énergétique visés à l'annexe I, chapitres 3 et 5, pour les bâtiments d'habitation respectivement à l'annexe II, chapitres 4 et 6, pour les bâtiments fonctionnels doivent être délivrés sous format électronique au bourgmestre.

(2) Le ministre peut décider que le calcul de performance énergétique ou le certificat de performance énergétique mentionnés au paragraphe 1<sup>er</sup> sont à remettre au bourgmestre sous une forme simplifiée, arrêtée et mise à disposition par le ministre.

(3) L'étude de faisabilité visée à l'article 7 doit être obligatoirement jointe à la demande d'autorisation de construire.

(4) Une autorisation de construire pour un bâtiment neuf, une extension ou une modification de bâtiment ne peut être accordée que si les dispositions du présent règlement sont respectées.

(5) Les documents joints à la demande d'autorisation de construire et concernant le calcul de performance énergétique visé au paragraphe 1<sup>er</sup> doivent contenir tous les éléments énumérés à l'annexe I, chapitres 3 et 4, pour les bâtiments d'habitation et tous les éléments énumérés à l'annexe II, chapitres 4 et 5.1, pour les bâtiments fonctionnels.

(6) La disposition ainsi que l'aspect visuel des documents pour le calcul de performance énergétique et le certificat de performance énergétique sont déterminés suivant l'annexe I, chapitres 3 et 4, pour les bâtiments d'habitation respectivement suivant l'annexe II, chapitres 4 et 5.1, pour les bâtiments fonctionnels et mis à disposition par le ministre. Le ministre peut déterminer les démarches et procédures à suivre par les personnes visées au paragraphe 8 pour l'établissement des calculs et des certificats de performance énergétique.

(7) Les personnes visées au paragraphe 8 doivent munir tout calcul de performance énergétique et tout certificat de performance énergétique visé au paragraphe 1<sup>er</sup> de leur nom, de leur adresse, de leur titre professionnel, de la date d'émission et de leur signature.

(8) Les documents visés au paragraphe 1<sup>er</sup> sont à établir par des architectes ou des ingénieurs-conseils dont la profession est définie par la loi du 13 décembre 1989 portant organisation des professions d'architecte et d'ingénieur-conseil ou par des personnes agréées en vertu du règlement grand-ducal modifié du 10 février 1999 relatif à l'agrément de personnes physiques ou morales privées ou publiques, autres que l'État pour l'accomplissement de tâches techniques d'étude et de contrôle dans le domaine de l'énergie, à l'exception des documents pour les bâtiments fonctionnels neufs et dotés d'un système de climatisation actif qui sont à établir par les ingénieurs-conseils dont la profession est définie par la loi du 13 décembre 1989 portant organisation des professions d'architecte et d'ingénieur-conseil.

(9) L'étude de faisabilité visée à l'article 7 est à établir par des architectes ou des ingénieurs-conseils dont la profession est définie par la loi du 13 décembre 1989 portant organisation des professions d'architecte et d'ingénieur-conseil ou par des personnes agréées en vertu du règlement grand-ducal modifié du 10 février 1999 relatif à l'agrément de personnes physiques ou morales privées ou publiques, autres que l'État pour l'accomplissement de tâches techniques d'étude et de contrôle dans le domaine de l'énergie, à l'exception de l'étude de faisabilité pour les bâtiments fonctionnels neufs dotés d'un système de climatisation actif qui est à établir par les ingénieurs-conseils dont la profession est définie par la loi du 13 décembre 1989 portant organisation des professions d'architecte et d'ingénieur-conseil.

(10) Les documents et études visés au paragraphe 1<sup>er</sup> et à l'article 7 sont à établir par les personnes visées aux paragraphes 8 et 9. Ces personnes sont encouragées à suivre des formations spécifiques organisées par le ministre qui portent notamment sur la méthode de calcul de performance énergétique de bâtiments,

l'établissement du certificat de performance énergétique ainsi que sur les logiciels spécifiques relatifs à l'établissement des documents prémentionnés.

(11) Les personnes visées aux paragraphes 8 et 9 ayant suivi avec succès au moins une de ces formations spécifiques organisées par le ministre sont inscrites sur des listes respectives tenues à jour par le ministre. Une copie de ces listes peut être demandée auprès du ministre. Le ministre encourage les personnes visées aux paragraphes 8 et 9 à la participation périodique à des cours de formation complémentaires ou de recyclage.

(12) Un nouveau calcul de performance énergétique et un nouveau certificat de performance énergétique qui reflètent le bâtiment comme il a été construit (« as-built ») réellement doivent être établis et remis à titre informationnel au bourgmestre endéans le délai de deux mois à partir de celui des événements suivants qui se produit en premier :

1° la réception définitive du bâtiment ou des travaux concernés ;

2° le début de l'utilisation du bâtiment ou des parties concernées.

(13) Le nouveau calcul de performance énergétique et le nouveau certificat de performance énergétique à établir conformément au paragraphe précédent doivent respecter les exigences prévues au règlement et à ses annexes.

(14) Sur demande, les personnes visées au paragraphe 8 doivent remettre au propriétaire respectivement au syndicat des copropriétaires le calcul de performance énergétique ainsi que les éléments du calcul de performance énergétique sous format électronique.

## **Section 2 – Bâtiments neufs**

### **Sous-section 1<sup>re</sup> – Bâtiments d'habitation**

#### **Art. 5.**

(1) Les bâtiments d'habitation neufs doivent respecter les exigences minimales définies à l'annexe I, chapitre 1<sup>er</sup>, et les exigences définies à l'annexe I, chapitre 2.

(2) Le calcul de performance énergétique de bâtiments neufs et l'établissement du certificat de performance énergétique sont à réaliser conformément à l'annexe I, chapitres 3 et 5.1 à 5.6.

### **Sous-section 2 – Bâtiments fonctionnels**

#### **Art. 6.**

(1) Les bâtiments fonctionnels neufs doivent respecter les exigences minimales définies à l'annexe II, chapitre 1<sup>er</sup>, et les exigences définies à l'annexe II, chapitre 2.

(2) Le calcul de performance énergétique de bâtiments neufs et l'établissement du certificat de performance énergétique sont à réaliser conformément à l'annexe II, chapitres 4 et 6.

### **Sous-section 3 – Généralités**

#### **Art. 7.**

Le propriétaire de tout bâtiment neuf fait établir une étude de faisabilité couvrant des aspects techniques, environnementaux et économiques. Cette étude englobe :

1° les systèmes d'approvisionnement en énergie décentralisés faisant appel aux énergies renouvelables ;

2° la production combinée de chaleur et d'électricité ;

3° les systèmes de chauffage ou de refroidissement urbains ou collectifs, s'ils existent ;

4° les pompes à chaleur ;

5° tout autre système d'approvisionnement basé sur les énergies renouvelables ou répondant à des critères d'utilisation rationnelle de l'énergie.

### **Section 3 – Extensions de bâtiments**

#### **Sous-section 1<sup>re</sup> – Bâtiments d'habitation**

##### **Art. 8.**

- (1) Les extensions de bâtiments doivent respecter les exigences minimales définies à l'annexe I, chapitre 1<sup>er</sup>, à l'exception des exigences définies aux chapitres 1.7 et 1.8, et les exigences définies à l'annexe I, chapitre 2.1, à condition que le bâtiment après extension soit un bâtiment d'habitation. En ce qui concerne les installations techniques, ces exigences ne s'appliquent que pour les éléments nouvellement installés.
- (2) Alternativement, pour les extensions des bâtiments d'habitation avec une surface de référence énergétique  $A_n$  inférieure ou égale à 80 mètres carrés, il peut être dérogé au respect de l'exigence définie à l'annexe I, chapitre 2.1, si les exigences définies à l'annexe I, chapitre 1.1, tableau 2, sont respectées.
- (3) Pour l'extension du bâtiment d'habitation, le calcul de performance énergétique est à réaliser conformément à l'annexe I, chapitre 5.2.1.
- (4) Le certificat de performance énergétique doit être établi pour la totalité du bâtiment d'habitation, y inclus l'extension, conformément à l'annexe I, chapitres 3 et 5.1 à 5.6, avec prise en compte des dispositions de l'annexe I, chapitre 5.7.

#### **Sous-section 2 – Bâtiments fonctionnels**

##### **Art. 9.**

- (1) Les extensions de bâtiments doivent respecter les exigences minimales définies à l'annexe II, chapitre 1<sup>er</sup>, à l'exception des exigences définies à l'annexe II, chapitres 1.11 et 1.12, à condition que le bâtiment après extension soit un bâtiment fonctionnel. En ce qui concerne les installations techniques, ces exigences ne s'appliquent que pour les éléments nouvellement installés.
- (2) Les extensions de bâtiments fonctionnels doivent respecter, complémentirement aux exigences minimales visées au paragraphe 1<sup>er</sup>, les exigences définies à l'annexe II, chapitre 2, à condition que le volume conditionné brut  $V_e$  de l'extension soit supérieur à 25 pour cent du volume conditionné brut  $V_e$  total avant extension.  
Si des installations techniques existantes du bâtiment existant sont utilisées pour approvisionner en énergie l'extension du bâtiment, les installations techniques de référence concernées et visées à l'annexe II, chapitre 2.4, peuvent être utilisées pour le calcul du besoin énergétique calculé visé à l'annexe II, chapitre 6.  
Au cas où les installations techniques existantes concernées présentent un standard énergétique supérieur comparé avec les installations techniques de référence, la méthode de calcul visée à l'annexe II, chapitre 6, peut être utilisée. Une justification écrite doit alors être jointe aux documents visés à l'article 4, paragraphe 1<sup>er</sup>.
- (3) Le calcul de performance énergétique de l'extension est à réaliser conformément à l'annexe II, chapitre 6.
- (4) Le certificat de performance énergétique doit être établi pour la totalité du bâtiment, y inclus l'extension, conformément à l'annexe II, chapitres 4 et 6, avec prise en compte des dispositions de l'annexe II, chapitre 5.1.4.

### **Section 4 – Modifications et transformations substantielles de bâtiments**

#### **Sous-section 1<sup>re</sup> – Bâtiments d'habitation**

##### **Art. 10.**

- (1) Les modifications et transformations substantielles des bâtiments d'habitation doivent respecter les exigences minimales définies à l'annexe I, chapitre 1<sup>er</sup>, pour les parties modifiées ou transformées substantiellement. Il en va de même pour les bâtiments qui, en raison de ces modifications ou transformations substantielles deviennent des bâtiments d'habitation. En ce qui concerne les installations techniques, ces exigences ne s'appliquent que pour les parties nouvellement installées si l'intégration fonctionnelle dans les installations existantes est possible.
- (2) Le certificat de performance énergétique doit être établi pour la totalité du bâtiment, y inclus les modifications ou transformations substantielles, conformément à l'annexe I, chapitres 3 et 5.1 à 5.6, avec prise en compte des dispositions de l'annexe I, chapitre 5.7.

## Sous-section 2 – Bâtiments fonctionnels

### Art. 11.

(1) Les modifications et transformations substantielles des bâtiments fonctionnels doivent respecter les exigences minimales définies à l'annexe II, chapitre 1<sup>er</sup>, pour les parties modifiées ou transformées substantiellement. Il en va de même pour les bâtiments qui, en raison de ces modifications ou transformations substantielles deviennent des bâtiments fonctionnels. En ce qui concerne les installations techniques, ces exigences ne s'appliquent que pour les parties nouvellement installées si l'intégration fonctionnelle dans les installations existantes est possible.

(2) Le certificat de performance énergétique doit être établi pour la totalité du bâtiment, y inclus les modifications et les transformations substantielles, conformément à l'annexe II, chapitres 4 et 6, avec prise en compte des dispositions de l'annexe II, chapitre 5.1.4.

## Sous-section 3 – Exceptions

### Art. 12.

(1) L'établissement du certificat de performance énergétique prévu à l'article 10, paragraphe 2, et l'article 11, paragraphe 2, n'est pas obligatoire lorsque les travaux concernent :

- 1° moins de 10 pour cent de la surface des éléments de même fonctionnalité de la surface de l'enveloppe thermique A, ou
- 2° les installations techniques, si le coût de ces travaux est inférieur à 1.500 euros pour un bâtiment unifamilial et 3.000 euros pour un bâtiment multifamilial ou fonctionnel sur base d'un devis estimatif.

(2) Le respect des exigences de l'annexe I, chapitre 1.7, pour les bâtiments d'habitation et les exigences de l'annexe II, chapitre 1.11, pour les bâtiments fonctionnels n'est pas obligatoire lorsque :

- 1° les travaux concernent moins que, ou exactement 25 pour cent de la surface de l'enveloppe thermique A, ou
- 2° le coût total des travaux qui concernent l'enveloppe thermique du bâtiment ou les systèmes techniques du bâtiment est inférieur ou égal à 25 pour cent de la valeur du bâtiment, à l'exclusion de la valeur du terrain sur lequel il se trouve, ou
- 3° pour les emplacements de stationnement intérieurs, les travaux ne concernent pas les emplacements de stationnement mêmes ou l'infrastructure électrique du bâtiment, ou
- 4° pour les emplacements de stationnement extérieurs jouxtant le bâtiment, les travaux ne concernent pas les emplacements de stationnement mêmes ou l'infrastructure électrique des emplacements de stationnement.

(3) Le respect des exigences de l'annexe I, chapitre 1.8, pour les bâtiments d'habitation et des exigences de l'annexe II, chapitre 1.12, pour les bâtiments fonctionnels n'est pas obligatoire si le toit n'est pas rénové.

## Section 5 – Dérogations

### Art. 13.

(1) Le bourgmestre peut accorder, sur demande motivée et sur base d'une documentation complète à introduire avec la demande d'autorisation de construire, des dérogations au niveau du respect des exigences visées à l'annexe I, chapitres 1<sup>er</sup> et 2, ainsi qu'à l'annexe II, chapitres 1<sup>er</sup> et 2 :

- 1° dans les cas où les travaux à entreprendre changeraient le caractère ou l'apparence des bâtiments de façon à mettre en cause leur statut de :
  - a) bâtiment ou monument dont la conservation présente un intérêt public et qui est officiellement protégé en totalité ou en partie en vertu de la loi du 18 juillet 1983 concernant la conservation et la protection des sites et monuments nationaux, ou
  - b) bâtiment ou monument dont la conservation présente un intérêt public et qui est classé conformément à l'article 32 du règlement grand-ducal du 8 mars 2017 concernant le contenu du plan d'aménagement général d'une commune ;



- 2° dans les cas où les travaux à entreprendre mèneraient à une violation d'une autre disposition légale ou réglementaire dans le domaine de la bâtisse ;
- 3° en cas d'impossibilité technique ;
- 4° en cas de rigueur excessive.

Il s'agit ici des cas où les coûts engendrés par les travaux pour le respect des exigences en matière de performance énergétique ne seraient pas rentables d'un point de vue économique. Dans ce cas, les exigences doivent être adaptées à un niveau de rentabilité économiquement défendable.

La rigueur excessive doit être contrôlée et certifiée par une des personnes visées à l'article 4, paragraphe 8, différente de celle qui a introduit la demande d'autorisation de construire. Le ministre peut déterminer la méthode et les paramètres du calcul de rentabilité et du niveau de rentabilité économiquement défendable.

- (2) Dans les cas visés au paragraphe 1<sup>er</sup>, points 1 à 4, les exigences visées à l'annexe I, chapitres 1<sup>er</sup> et 2, ainsi qu'à l'annexe II, chapitres 1<sup>er</sup> et 2, ne doivent pas être respectées pour les transformations substantielles de bâtiments, sous réserve d'un accord du bourgmestre.

### Chapitre 3 – Certificat de performance énergétique d'un bâtiment

#### Section 1<sup>re</sup> – Généralités

##### Art. 14.

- (1) La performance énergétique d'un bâtiment est documentée par le certificat de performance énergétique.
- (2) Un certificat de performance énergétique doit être conforme aux dispositions de l'annexe I, chapitre 4, pour les bâtiments d'habitation et conforme aux dispositions de l'annexe II, chapitre 5.1, pour les bâtiments fonctionnels.
- (3) L'établissement d'un certificat de performance énergétique pour un bâtiment est demandé :
- 1° lors de la construction d'un bâtiment neuf soumise à une demande d'autorisation de construire ;
  - 2° lors de l'extension d'un bâtiment ;
  - 3° lors de la modification d'un bâtiment ;
  - 4° lors de la transformation substantielle d'un bâtiment ;
  - 5° lors d'un changement de propriétaire d'un bâtiment existant ou d'une partie de bâtiment dans un bâtiment existant dans le cas d'une vente, si le bâtiment en question ne dispose pas déjà d'un certificat de performance énergétique valide. L'établissement du certificat de performance énergétique n'est pas obligatoire si la vente est faite à des fins de démolition ou s'il s'agit d'une vente publique par voie parée, saisie immobilière ou licitation publique ;
  - 6° lors d'un changement de locataire d'un bâtiment existant ou d'une partie de bâtiment dans un bâtiment existant, si le bâtiment en question ne dispose pas déjà d'un certificat de performance énergétique valide ;
  - 7° lorsqu'il s'agit d'un bâtiment dans lequel une surface de référence énergétique  $A_n$  supérieure à 250 mètres carrés est occupée par une autorité publique et fréquemment visitée par le public, si le bâtiment en question ne dispose pas encore d'un certificat de performance énergétique valide.
- (4) Le certificat de performance énergétique doit être commandé auprès d'une personne définie à l'article 4, paragraphe 8 :
- 1° dans le cas de la construction d'un bâtiment neuf, par le promoteur du projet, et à défaut, par le futur propriétaire ou le syndicat des copropriétaires du bâtiment ;
  - 2° dans le cas d'une extension, d'une modification ou d'une transformation substantielle d'un bâtiment par le propriétaire ou syndicat des copropriétaires du bâtiment ;
  - 3° dans le cas d'un changement de propriétaire : par l'ancien propriétaire ou le syndicat des copropriétaires du bâtiment ;
  - 4° dans le cas d'un changement de locataire : par le propriétaire ou le syndicat des copropriétaires du bâtiment.
- (5) Les frais pour l'établissement du certificat de performance énergétique sont à supporter par la personne responsable pour initier l'établissement de celui-ci.

(6) Au cas où des bâtiments forment un ensemble de plusieurs unités du fait qu'ils sont érigés sous forme jumelée ou sous forme de bâtiments individuels groupés, le certificat de performance énergétique est établi séparément pour chaque unité.

(7) Au cas où un bâtiment contient des parties de bâtiment qui ont été conçues ou modifiées pour être utilisées séparément, le certificat de performance énergétique doit être établi pour le bâtiment pris dans son ensemble. Il est néanmoins possible d'établir un certificat de performance énergétique additionnel pour une partie de bâtiment séparément. Ce certificat ne remplace en aucun cas le certificat de performance énergétique établi pour le bâtiment entier et n'est établi qu'à titre additionnel.

(8) Au cas où un bâtiment est fractionné dans plusieurs zones séparées, le certificat de performance énergétique peut être établi séparément pour chaque zone si ces certificats séparés garantissent une meilleure appréciation de la performance énergétique de la zone du bâtiment pour laquelle un certificat séparé a été établi. Ce certificat ne remplace en aucun cas le certificat de performance énergétique établi pour le bâtiment entier et n'est établi qu'à titre additionnel.

(9) Le certificat de performance énergétique doit être établi en original en autant d'exemplaires qu'il y a de propriétaires dans le bâtiment certifié. Chaque propriétaire doit être en possession d'un original du certificat de performance énergétique.

(10) Pour un bâtiment existant sans extension ou modification, le certificat de performance énergétique doit indiquer à son établissement la valeur spécifique de la consommation en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire telle que définie à l'annexe I, chapitre 5.10, pour les bâtiments d'habitation respectivement les valeurs spécifiques de consommation telles que définies à l'annexe II, chapitre 7, pour les bâtiments fonctionnels.

(11) Dans le cas d'une modification ou d'une extension d'un bâtiment existant, le certificat de performance énergétique doit être complété par une personne définie à l'article 4, paragraphe 8, au plus tard quatre ans après son établissement par la valeur spécifique de la consommation en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire telle que définie à l'annexe I, chapitre 5.10, pour les bâtiments d'habitation respectivement les valeurs spécifiques de consommation telles que définies à l'annexe II, chapitre 7, pour les bâtiments fonctionnels.

(12) Au plus tard quatre ans après l'établissement d'un certificat de performance énergétique pour un bâtiment neuf, le propriétaire du bâtiment doit faire compléter par une personne définie à l'article 4, paragraphe 8, le certificat de performance énergétique par la valeur spécifique de la consommation en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire telle que définie à l'annexe I, chapitre 5.10, pour les bâtiments d'habitation ou des valeurs spécifiques de consommation conformément à l'annexe II, chapitre 7, pour les bâtiments fonctionnels.

(13) La mise à jour du certificat de performance énergétique par l'ajout des valeurs spécifiques de consommation n'influence ni la date d'établissement, ni la durée de validité du certificat de performance énergétique.

(14) Au cas où les équipements de comptage existants ne permettent pas des mesurages précis des consommations individuelles d'un complexe de bâtiments, une répartition proportionnelle des consommations totales sur les différents bâtiments doit être effectuée. Dans ce cas, de nouveaux équipements de comptage individuels doivent être installés au plus tard un an après le premier établissement du certificat de performance énergétique.

(15) Pour les bâtiments, à l'exception des bâtiments neufs, le certificat de performance énergétique contient des conseils sur les possibilités d'amélioration de la performance énergétique du bâtiment concerné conformément à l'annexe I, chapitre 4.1.7, pour les bâtiments d'habitation et conformément à l'annexe II, chapitre 5.1.4.2, pour les bâtiments fonctionnels.

(16) Sur demande du syndicat des copropriétaires, les gestionnaires de réseaux de distribution d'électricité et de gaz naturel communiquent les données de consommation pertinentes dont ils disposent pour l'ensemble des points de comptage du bâtiment concerné. Dans ce cas, les gestionnaires de réseau peuvent demander le remboursement des frais réels occasionnés.

## **Section 2 – Les parties destinées à des fins d'habitation dans un bâtiment fonctionnel**

### **Art. 15.**

(1) Au cas où dans un bâtiment fonctionnel pris dans son ensemble, une partie du bâtiment est destinée à des fins d'habitation, un certificat de performance énergétique additionnel doit être établi, conformément à l'annexe I, chapitre 4, pour les parties concernées. Ce certificat est établi sur base des seules parties destinées à des fins d'habitation et est remis aux propriétaires concernés.



(2) L'établissement du certificat de performance énergétique additionnel prévu au paragraphe 1<sup>er</sup> est déclenché lors de la construction d'un bâtiment fonctionnel neuf et dans les cas visés à l'article 14, paragraphe 3, points 1 à 6. Le caractère déterminant des différents certificats de performance énergétique en fonction des parties concernées est réglé comme suit :

- 1° pour la partie du bâtiment fonctionnel qui est destinée à des fins d'habitation, le certificat de performance énergétique prévu au paragraphe 1<sup>er</sup> est déterminant notamment en ce qui concerne les cas visés à l'article 17, paragraphes 2 et 3 ;
- 2° pour la partie du bâtiment fonctionnel qui est destinée à des fins autres que l'habitation, seul le certificat de performance énergétique prévu à l'article 14, paragraphes 2 et 3, est déterminant notamment en ce qui concerne les cas visés à l'article 17, paragraphes 2 et 3 ;
- 3° en matière d'autorisation de construire ou d'établissements classés, seul le certificat de performance énergétique établi conformément à l'article 14, paragraphes 2 et 3, est déterminant.

### Section 3 – Classification

#### Art. 16.

Les bâtiments doivent être classés, sur le certificat de performance énergétique, en différentes catégories conformément à l'annexe I, chapitre 4.2, pour les bâtiments d'habitation et conformément à l'annexe II, chapitre 3.1, pour les bâtiments fonctionnels.

### Section 4 – Communication et affichage

#### Art. 17.

(1) Un acheteur ou locataire intéressé qui a déclaré son intérêt à l'acquisition ou à la location d'un bâtiment, après qu'un propriétaire ait déclaré son intention de vente ou de location du bâtiment concerné, doit pouvoir consulter le certificat de performance énergétique du bâtiment concerné.

(2) Au moment où un changement de propriétaire devient effectif, le propriétaire détenteur du certificat de performance énergétique est obligé de communiquer l'original de celui-ci au nouveau propriétaire.

(3) Au moment où un changement de locataire devient effectif, le propriétaire détenteur du certificat de performance énergétique est obligé de communiquer une copie certifiée conforme de celui-ci au nouveau locataire.

(4) Lorsqu'un bâtiment d'habitation ou une partie de bâtiment d'habitation est proposé à la vente ou à la location, la classe de performance énergétique et la classe d'isolation thermique du certificat de performance énergétique valide du bâtiment telles que définies à l'annexe I, chapitre 4.2, figurent dans les publicités paraissant dans les médias commerciaux.

(5) Lorsqu'un bâtiment fonctionnel ou une partie d'un bâtiment fonctionnel destinée à des fins autres que l'habitation est proposé à la vente ou à la location, les classes de performance énergétique du certificat de performance énergétique valide du bâtiment déterminées en fonction du besoin total en énergie primaire et en fonction du besoin en chaleur de chauffage visées à l'annexe II, chapitre 3, figurent dans les publicités paraissant dans les médias commerciaux.

Si uniquement un certificat de performance énergétique sur base de la consommation énergétique mesurée valide établi conformément aux dispositions du règlement grand-ducal modifié du 31 août 2010 concernant la performance énergétique des bâtiments fonctionnels existe pour le bâtiment ou la partie du bâtiment, l'indice de consommation électricité et l'indice de consommation chaleur du certificat de performance énergétique valide figurent dans les publicités paraissant dans les médias commerciaux.

(6) Pour une partie d'un bâtiment fonctionnel destinée à des fins d'habitation qui est proposée à la vente ou à la location, la classe de performance énergétique et la classe d'isolation thermique du certificat de performance énergétique additionnel valide prévu à l'article 15 figurent dans les publicités paraissant dans les médias commerciaux.

(7) Les certificats de performance énergétique établis :

- 1° conformément à l'article 14, paragraphe 3, point 7, ou
- 2° conformément à l'article 14, paragraphe 3, points 1 à 6, lorsqu'il s'agit d'un bâtiment dans lequel une surface de référence énergétique  $A_n$  supérieure à 500 mètres carrés est fréquemment visitée par le

public doivent être affichés à un emplacement et d'une manière clairement visible pour le public. Le ministre peut préciser les modalités de l'affichage du certificat de performance énergétique.

## **Section 5 – Validité du certificat de performance énergétique**

### **Art. 18.**

- (1) Un certificat de performance énergétique a une validité de dix ans à partir de la date de son établissement.
- (2) Le certificat de performance énergétique doit être muni de la date de son établissement ainsi que de la date de son expiration.

## **Chapitre 4 – Contrôle**

### **Art. 19.**

Le ministre peut tenir un registre des calculs de performance énergétique et des certificats de performance énergétique délivrés par les personnes définies à l'article 4, paragraphe 8. Le ministre définit les éléments d'information qui doivent figurer dans ce registre. Les personnes définies à l'article 4, paragraphe 8 doivent assurer un archivage d'au moins dix ans des données relatives au calcul et au certificat de performance énergétique pour un bâtiment donné.

### **Art. 20.**

- (1) Le ministre sélectionne de manière aléatoire au moins un pourcentage statistiquement significatif de tous les certificats de performance énergétique établis au cours d'une année donnée et soumet lesdits certificats à une vérification.
- (2) La vérification se fonde sur les mesures énoncées ci-après ou sur des mesures équivalentes et se base sur les données employées pour l'établissement du calcul du certificat de performance énergétique ainsi que pour l'établissement du certificat de performance énergétique :
  - 1° vérification de la validité des données d'entrée du bâtiment employées pour établir le certificat de performance énergétique et des résultats figurant dans le certificat ;
  - 2° vérification des données d'entrée employées pour établir le certificat de performance énergétique et de ses résultats, y compris les recommandations émises ;
  - 3° vérification complète des données d'entrée du bâtiment, employées pour établir le certificat de performance énergétique, vérification complète des résultats figurant dans le certificat, y compris les recommandations émises, et examen sur place du bâtiment, si possible, afin de vérifier la concordance entre les informations fournies dans le certificat de performance énergétique et le bâtiment certifié.

### **Art. 21.**

Le ministre peut demander au bourgmestre et aux personnes visées à l'article 4, paragraphe 8 toutes informations et données qui sont nécessaires pour assurer le suivi de la mise en œuvre des dispositions du présent règlement ainsi que pour la tenue du registre visé à l'article 19. Les bourgmestres et personnes concernées doivent faire parvenir au ministre ces informations au plus tard un mois après la demande écrite. Sur demande du ministre, ces informations sont à fournir sous format électronique.

## **Chapitre 5 – Les établissements classés**

### **Art. 22.**

- (1) En ce qui concerne les autorisations à délivrer par l'autorité compétente dans le cadre de la législation relative aux établissements classés, les exigences en matière de performance énergétique telles que définies par le présent règlement constituent les meilleures techniques disponibles en matière d'environnement pour le domaine de l'utilisation rationnelle de l'énergie et des énergies renouvelables pour les bâtiments fonctionnels neufs, les modifications, extensions et transformations substantielles de bâtiments fonctionnels et leurs installations techniques, à l'exception des installations techniques alimentant des procédés de production. L'autorité compétente en matière d'autorisations d'établissements classés peut

fixer d'autres conditions d'exploitation du bâtiment fonctionnel au cas où le présent règlement ne prévoit pas d'exigences.

(2) Dans les cas visés au paragraphe 1<sup>er</sup>, le calcul et le certificat de performance énergétique d'un bâtiment fonctionnel sont à joindre à la demande d'autorisation de l'établissement classé. Pour un bâtiment fonctionnel, les éléments du calcul de performance énergétique visés à l'annexe II, chapitres 4 et 6, doivent être délivrés sur demande, sous format électronique, à l'autorité compétente.

## Chapitre 6 – Dispositions pénales

### Art. 23.

Les infractions à l'article 4, paragraphes 12 et 14, et à l'article 17, paragraphes 1<sup>er</sup> à 3, et à l'article 19, dernière phrase, sont punies des peines prévues à l'article 20 de la loi modifiée du 5 août 1993 concernant l'utilisation rationnelle de l'énergie.

## Chapitre 7 – Dispositions abrogatoires

### Art. 24.

(1) Le règlement grand-ducal modifié du 30 novembre 2007 concernant la performance énergétique des bâtiments d'habitation est abrogé.

(2) Le règlement grand-ducal modifié du 31 août 2010 concernant la performance énergétique des bâtiments fonctionnels est abrogé à partir du 1<sup>er</sup> juillet 2022.

## Chapitre 8 – Dispositions transitoires

### Art. 25.

Pour les bâtiments fonctionnels neufs ou pour les extensions ou modifications de tels bâtiments fonctionnels, pour lesquels l'autorisation de construire est demandée avant le 1<sup>er</sup> juillet 2022, le calcul de performance énergétique et le certificat de performance énergétique visés à l'article 4, paragraphe 1<sup>er</sup>, du présent règlement peuvent être établis, au choix, selon la méthodologie du règlement grand-ducal modifié du 31 août 2010 concernant la performance énergétique des bâtiments fonctionnels ou selon la méthodologie prévue par le présent règlement.

Si le calcul de performance énergétique et le certificat de performance énergétique visés à l'article 4, paragraphe 1<sup>er</sup>, du présent règlement sont établis selon la méthodologie du règlement grand-ducal modifié du 31 août 2010 concernant la performance énergétique des bâtiments fonctionnels, les bâtiments doivent respecter les exigences minimales et les exigences prévues à l'annexe, chapitre 1 respectivement 2, dudit règlement.

### Art. 26.

(1) Pour les bâtiments fonctionnels neufs ou pour les extensions ou modifications de tels bâtiments fonctionnels, pour lesquels l'autorisation de construire a été délivrée avant l'entrée en vigueur du présent règlement ou a été demandée avant le 1<sup>er</sup> juillet 2022 et dont la réception définitive ou le début de l'utilisation du bâtiment a lieu au 31 décembre 2023 inclus au plus tard, le nouveau calcul de performance énergétique et le nouveau certificat de performance énergétique visés à l'article 4, paragraphe 12, du présent règlement peuvent être établis, au choix, selon la méthodologie du règlement grand-ducal modifié du 31 août 2010 concernant la performance énergétique des bâtiments fonctionnels ou selon la méthodologie prévue par le présent règlement.

Si le nouveau calcul de performance énergétique et le nouveau certificat de performance énergétique visés à l'article 4, paragraphe 12, du présent règlement sont établis selon la méthodologie du règlement grand-ducal modifié du 31 août 2010 concernant la performance énergétique des bâtiments fonctionnels, les bâtiments doivent respecter les exigences minimales et les exigences prévues à l'annexe, chapitre 1 respectivement 2, dudit règlement.

(2) Pour les bâtiments fonctionnels neufs ou pour les extensions ou modifications de tels bâtiments fonctionnels pour lesquels l'autorisation de construire a été délivrée avant l'entrée en vigueur du présent règlement ou a été demandée avant le 1<sup>er</sup> juillet 2022 et dont la réception définitive ou le début de l'utilisation du bâtiment a

lieu postérieurement au 31 décembre 2023, le nouveau calcul de performance énergétique et le nouveau certificat de performance énergétique visés à l'article 4, paragraphe 12, du présent règlement doivent être établis, sans préjudice des droits acquis résultant de l'autorisation de construire, selon la méthodologie règlement grand-ducal modifié du 31 août 2010 concernant la performance énergétique des bâtiments fonctionnels et selon la méthodologie prévue par le présent règlement.

**Art. 27.**

Les calculs et certificats de performance énergétique établis sous le régime du règlement grand-ducal modifié du 31 août 2010 concernant la performance énergétique des bâtiments fonctionnels continuent à être régis par ledit règlement.

**Chapitre 9 – Dispositions finales****Art. 28.**

La référence au présent règlement peut se faire sous une forme abrégée en recourant à l'intitulé suivant : « règlement grand-ducal du 9 juin 2021 concernant la performance énergétique des bâtiments ».

**Art. 29.**

Le présent règlement entre en vigueur le 1<sup>er</sup> juillet 2021.

**Art. 30.**

Le ministre ayant l'Énergie dans ses attributions est chargé de l'exécution du présent règlement qui sera publié au Journal officiel du Grand-Duché de Luxembourg.

*Le Ministre de l'Énergie,*  
**Claude Tumes**

Palais de Luxembourg, le 9 juin 2021.  
**Henri**

# **ANNEXE I**

**concernant les bâtiments d'habitation**

Règlement grand-ducal concernant la  
performance énergétique des bâtiments

# SOMMAIRE

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>0</b> | <b>DEFINITIONS ET SYMBOLES .....</b>   | <b>5</b>  |
| 0.1      | Définitions .....  | 5         |
| 0.2      | Symboles et unités .....   | 7         |
| 0.2.1    | Signification des indices.....   | 13        |
| <b>1</b> | <b>EXIGENCES MINIMALES APPLICABLES AUX BATIMENTS D'HABITATION .....</b>  | <b>14</b> |
| 1.1      | Exigences minimales relatives aux coefficients de transmission thermique.....  | 14        |
| 1.2      | Exigences minimales relatives à la protection thermique d'été .....  | 17        |
| 1.2.1    | Respect des exigences relatives à la protection thermique d'été.....   | 17        |
| 1.2.2    | Détermination de la transmittance solaire .....  | 18        |
| 1.2.3    | Exigence minimale relative à la transmittance solaire .....  | 18        |
| 1.2.4    | Facteur de transmission énergétique totale $g_{tot}$ .....   | 19        |
| 1.2.5    | Détermination du type de construction et de la capacité d'accumulation thermique effective, $C_{wint}$ .....                 | 19        |
| 1.2.6    | Rapport de la profondeur sur la hauteur libre du local $f_{aht}$ .....   | 20        |
| 1.3      | Exigences minimales relatives à l'étanchéité à l'air de l'enveloppe thermique du bâtiment.....                               | 21        |
| 1.4      | Production de chaleur utile .....  | 22        |
| 1.5      | Exigences minimales relatives aux conduites d'eau chaude sanitaire et de distribution de chaleur .....                       | 22        |
| 1.6      | Exigences minimales relatives aux installations de ventilation.....  | 23        |
| 1.7      | Dispositifs de charge pour voitures électriques ou hybrides rechargeables.....   | 24        |
| 1.8      | Dispositifs techniques pour les installations photovoltaïques .....  | 24        |
| 1.9      | Dispositifs de réglage .....   | 25        |
| 1.10     | Dispositifs de mesure .....  | 25        |
| <b>2</b> | <b>EXIGENCES APPLICABLES AUX BATIMENTS D'HABITATION .....</b>  | <b>26</b> |
| 2.1      | Valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage $q_H$ .....  | 27        |
| 2.2      | Valeur spécifique du besoin total en énergie primaire $Q_P$ .....  | 27        |
| 2.3      | Bâtiment de référence .....  | 27        |
| <b>3</b> | <b>CONTENU DU CALCUL DE PERFORMANCE ENERGETIQUE DES BATIMENTS D'HABITATION .....</b>   | <b>30</b> |
| 3.1      | Informations générales .....   | 30        |
| 3.2      | Indications concernant le bâtiment .....   | 30        |
| 3.3      | Résultats des calculs .....  | 31        |
| <b>4</b> | <b>CERTIFICAT DE PERFORMANCE ENERGETIQUE D'UN BATIMENT D'HABITATION .....</b>  | <b>33</b> |
| 4.1      | Contenu du certificat de performance énergétique.....  | 33        |
| 4.1.1    | Informations requises sur chaque page du certificat de performance énergétique .....   | 33        |
| 4.1.2    | Informations générales .....   | 33        |
| 4.1.3    | Indications concernant les classes de performance .....  | 33        |
| 4.1.4    | Indications concernant le besoin en chaleur de chauffage, le besoin en énergie primaire et les émissions de $CO_2$ .....     | 33        |
| 4.1.5    | Indications concernant l'installation de chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et la production d'électricité..... | 34        |
| 4.1.6    | Indications concernant le besoin/la consommation en énergie finale.....  | 34        |
| 4.1.7    | Indications relatives aux recommandations de mesures pour améliorer la performance énergétique du bâtiment.....              | 34        |
| 4.2      | Répartition en classes de performance .....  | 35        |
| 4.2.1    | Classes de performance énergétique .....   | 35        |
| 4.2.2    | Classes d'isolation thermique .....  | 35        |
| 4.2.3    | Classes de performance environnementale .....  | 36        |



|   |           |
|---|-----------|
| <b>5 CALCULS .....</b>  | <b>37</b> |
| 5.1 Calculs généraux .....  | 37        |
| 5.1.1 Définition des types de surface d'un bâtiment .....   | 37        |
| 5.1.2 Surface de référence énergétique $A_n$ en $m^2$ .....   | 38        |
| 5.1.3 Volume d'air chauffé du bâtiment $V_n$ en $m^3$ .....   | 39        |
| 5.1.4 Volume conditionné brut $V_e$ en $m^3$ .....  | 39        |
| 5.1.5 Surface de l'enveloppe thermique du bâtiment $A$ .....  | 39        |
| 5.1.6 Rapport entre la surface de l'enveloppe thermique au volume conditionné brut du bâtiment $A/V_e$ en $1/m$ .....   | 40        |
| 5.2 Calculs relatifs à la chaleur de chauffage .....  | 40        |
| 5.2.1 Besoin en chaleur de chauffage $q_H$ .....  | 40        |
| 5.2.2 Besoin en énergie pour la distribution et l'accumulation de chaleur $q_{H,A}$ .....   | 50        |
| 5.2.3 Chaleur de chauffage mise à disposition par une installation de production de chaleur $Q_H$ .....   | 51        |
| 5.2.4 Valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage $Q_{E,H}$ .....   | 51        |
| 5.2.5 Valeur spécifique du besoin en énergie primaire, chaleur de chauffage $Q_{P,H}$ .....   | 51        |
| 5.3 Calculs relatifs à l'eau chaude sanitaire .....   | 52        |
| 5.3.1 Valeur spécifique du besoin en énergie utile, production d'eau chaude sanitaire $Q_{WW}$ .....  | 52        |
| 5.3.2 Valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire $Q_{E,WW}$ .....   | 52        |
| 5.3.3 Valeur spécifique du besoin en énergie primaire, production d'eau chaude sanitaire $Q_{P,WW}$ .....   | 52        |
| 5.4 Calculs relatifs au besoin en énergie des auxiliaires .....   | 53        |
| 5.4.1 Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations de ventilation $Q_{Hif,L}$ .....  | 53        |
| 5.4.2 Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations techniques $Q_{Hif,A}$ .....  | 54        |
| 5.4.3 Valeur spécifique du besoin en énergie finale, énergie auxiliaire $Q_{E,Hif}$ .....   | 54        |
| 5.4.4 Valeur spécifique du besoin en énergie primaire, énergie auxiliaire $Q_{P,Hif}$ .....   | 54        |
| 5.5 Établissement du bilan énergétique d'une installation photovoltaïque .....  | 54        |
| 5.6 Autoconsommation de l'électricité produite par une installation photovoltaïque .....  | 56        |
| 5.7 Valeur spécifique du besoin total en énergie primaire $Q_P$ .....   | 59        |
| 5.8 Émissions de $CO_2$ .....   | 60        |
| 5.8.1 Valeur spécifique d'émissions de $CO_2$ , chaleur de chauffage $Q_{CO2,H}$ .....  | 60        |
| 5.8.2 Valeur spécifique d'émissions de $CO_2$ , production d'eau chaude sanitaire $Q_{CO2,WW}$ .....  | 60        |
| 5.8.3 Valeur spécifique d'émissions de $CO_2$ , énergie auxiliaire $Q_{CO2,Hif}$ .....  | 60        |
| 5.8.4 Crédit spécifique annuel en émissions de $CO_2$ imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque, $Q_{CO2,PV,self}$ .....                     | 60        |
| 5.8.5 Valeur spécifique d'émissions totales de $CO_2$ , $Q_{CO2}$ .....   | 61        |
| 5.9 Particularités concernant les bâtiments existants .....   | 61        |
| 5.9.1 Détermination simplifiée de la surface de référence énergétique .....   | 61        |
| 5.9.2 Détermination simplifiée des déperditions de chaleur par transmission .....   | 62        |
| 5.9.3 Détermination simplifiée des déperditions de chaleur par ventilation .....  | 62        |
| 5.9.4 Détermination simplifiée des facteurs d'ombrage .....   | 62        |
| 5.9.5 Détermination simplifiée de la valeur spécifique du besoin en énergie, chaleur de chauffage $Q_{E,H}$ .....   | 63        |
| 5.9.6 Détermination simplifiée de la valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire $Q_{E,WW}$ .....  | 63        |
| 5.9.7 Détermination simplifiée de la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations techniques $Q_{Hif,A}$ .....   | 63        |
| 5.9.8 Détermination simplifiée des valeurs $U$ et des valeurs $g$ des éléments de construction .....  | 64        |
| 5.10 Valeur spécifique de la consommation en énergie finale $Q_{E,V}$ .....   | 64        |
| 5.10.1 Consommation énergétique moyenne $q_{V,m}$ .....   | 64        |
| 5.10.2 Valeur spécifique de la consommation en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire $Q_{E,V,H,WW}$ .....                          | 65        |
| 5.10.3 Valeur spécifique de la consommation en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire $Q_{E,V,H}$ ..... | 66        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>6 TABLEAUX</b>   | <b>68</b> |
| 6.1 Catégories de bâtiment  | 68        |
| 6.2 Paramètres d'utilisation standard   | 68        |
| 6.3 Évaluation des installations de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire pour les bâtiments neufs                      | 68        |
| 6.3.1 Chaleur de chauffage  | 68        |
| 6.3.2 Production d'eau chaude sanitaire   | 74        |
| 6.4 Paramètres caractéristiques des installations de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire pour les bâtiments existants | 81        |
| 6.4.1 Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage $e_{E,H}$   | 82        |
| 6.4.2 Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire $e_{E,WW}$   | 84        |
| 6.5 Facteur de dépense en énergie primaire $e_p$  | 85        |
| 6.6 Facteurs environnementaux $e_{CO_2}$  | 86        |
| 6.7 Pouvoir calorifique de différents vecteurs énergétiques $e_i$   | 88        |
| 6.8 Rayonnement global et températures mensuelles moyennes  | 88        |

## 0 DEFINITIONS ET SYMBOLES

### 0.1 Définitions

#### Facteur de dépense (ou inverse du rendement)

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

#### Certificat de performance énergétique d'un bâtiment d'habitation

« Certificat de performance énergétique d'un bâtiment d'habitation », tel que défini à l'article 3, paragraphe 9.

#### Volume conditionné brut $V_e$ en $m^3$

« Volume conditionné brut  $V_e$  », tel que défini au chapitre 5.1.4.

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

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

#### Taux de couverture

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

#### Besoin en énergie finale

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

#### Surface de référence énergétique $A_n$ en $m^2$

« Surface de référence énergétique  $A_n$  », telle que définie au chapitre 5.1.2.

#### Production

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

#### Bâtiment

« Bâtiment », tel que défini à l'article 3, paragraphe 1.

#### Habitation MFH

« Habitation MFH », relevant de la catégorie 1 tel que défini au tableau 27.

#### Habitation EFH

« Habitation EFH », relevant de la catégorie 2 tel que défini au tableau 27.

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

« Surface de l'enveloppe thermique A », telle que définie à l'article 3, paragraphe 16.

#### Valeur spécifique d'émissions totales de $CO_2$

Émissions annuelles calculées de dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) d'un bâtiment, exprimé en kilogrammes de  $CO_2$  par mètre carré de surface de référence énergétique  $A_n$  et par an ( $kg\ CO_2 / m^2 a$ ) déterminées conformément au chapitre 5.8.5.

#### Performance énergétique d'un bâtiment

« Performance énergétique », telle que définie à l'article 3, paragraphe 15.

#### Valeur spécifique du besoin total en énergie primaire

Besoin annuel calculé en énergie primaire, exprimé en kilowattheures par mètre carré de surface de référence énergétique  $A_n$  et par an ( $kWh / m^2 a$ ) déterminé conformément au chapitre 5.7.

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

Quantité de chaleur nécessaire pour chauffer les locaux afin de maintenir la température intérieure de consigne.

Le besoin annuel en chaleur de chauffage est le besoin en chaleur de chauffage sur une année, conformément au chapitre 5.2.1.

#### Bâtiment d'habitation neuf

« Bâtiment neuf », tel que défini à l'article 3, paragraphe 6.

#### Besoin en énergie primaire

Quantité d'énergie calculée qui, en plus de l'énergie finale, comprend également les quantités d'énergie

découlant de séries de processus situés en amont à l'extérieur du bâtiment lors de l'extraction, de la transformation et de la distribution des combustibles, des systèmes de chauffage urbain ainsi que de l'énergie électrique auxiliaire utilisés dans le bâtiment.

**Accumulation**

Étape du processus technique au cours de laquelle la chaleur contenue dans un medium est accumulée. Dans le cas d'un circuit de chauffage, il s'agit d'un ballon d'accumulation (par exemple pour les installations de pompes à chaleur) et dans le cas de la production d'eau chaude sanitaire, il s'agit du ballon d'eau chaude.

**Valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage**

Besoin annuel calculé en énergie thermique à des fins de chauffage, exprimé en kilowattheures par mètre carré de surface de référence énergétique  $A_n$  et par an ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ) déterminé conformément au chapitre 5.2.1.1.

**Transmission**

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

**Valeur spécifique de la consommation en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire**

Besoin annuel mesuré en énergie thermique à des fins de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire, exprimé en kilowattheures par mètre carré de surface

de référence énergétique  $A_n$  et par an ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ) déterminées conformément au chapitre 5.10.

**Distribution**

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

**Bâtiment d'habitation**

« Bâtiment d'habitation », tel que défini à l'article 3, paragraphe 2.

**Point de charge**

Interface qui permet de recharger un seul véhicule électrique à la fois.

**Système collectif de gestion intelligente de charge**

Un système qui gère l'ensemble des points de charge derrière un même point de raccordement de façon à limiter le prélèvement simultané de puissance à une valeur qui ne peut pas dépasser la capacité mise à disposition par le gestionnaire de réseau au point de raccordement. Ce système doit être capable d'intégrer un nombre de points de charge équivalent au nombre d'emplacements situés à l'intérieur ou à l'extérieur du bâtiment et doit permettre un raccordement non-discriminatoire des futurs utilisateurs.

## 0.2 Symboles et unités

|                             |                                    |   |
|-----------------------------|------------------------------------|---|
| $\Delta U_{WB}$             | W/(m²K)                            | Facteur de correction des ponts thermiques  |
| A                           | m²                                 | Surface de l'enveloppe thermique d'un bâtiment  |
| a                           | -                                  | Paramètre numérique   |
| $A_{coll, sol}$             | m²                                 | Surface brute installée des collecteurs solaires  |
| $A_i$                       | m²                                 | Surface de plancher nette délimitée par les éléments de construction d'un espace utile/d'une zone                                   |
| $A_{Fe}$                    | m²                                 | Surface de fenêtre  |
| $A_{GF}$                    | m²                                 | Surface de plancher   |
| $A_{NGF, R}$                | m²                                 | Surface de plancher nette considérée lors de la détermination de la transmittance solaire   |
| $A_{OG}$                    | m²                                 | Surface de plancher de l'étage supérieur  |
| $A_{OG, n}$                 | m²                                 | Surface de plancher imputable pour l'étage supérieur  |
| $a_R$                       | m                                  | Profondeur du local (dimensions intérieures)  |
| $A_{WA}$                    | m²                                 | Surface totale des façades, non compris la surface totale des baies vitrées (ou fenêtres)   |
| $A_W$                       | m²                                 | Surface totale des baies vitrées (ou fenêtres)  |
| $\alpha$                    | °                                  | Angle de vue d'un élément en surplomb horizontal / du paysage   |
| $A/V_e$                     | m⁻¹                                | Rapport entre la surface de l'enveloppe thermique d'un bâtiment au volume conditionné brut du bâtiment                              |
| $A_{FG}$                    | m²                                 | Surface de la fermeture horizontale inférieure contre sol   |
| $A_n$                       | m²                                 | Surface de référence énergétique  |
| $b_R$                       | m                                  | Longueur de la façade principale  |
| $\beta$                     | °                                  | Angle de vue d'un élément en surplomb latéral   |
| $C_H$                       | -                                  | Taux de couverture de la production de chaleur de chauffage   |
| $C_{PL}$                    | Wh/(m³K)                           | Capacité d'accumulation thermique spécifique de l'air   |
| $C_{wik}$                   | Wh/K                               | Capacité d'accumulation thermique effective   |
| $C_{WW, j=1}$               | -                                  | Taux de couverture de la production de chaleur par une installation solaire thermique (production d'eau chaude sanitaire)           |
| $C_{WW, j=2}$               | -                                  | Taux de couverture de la production de chaleur par une installation de chauffage de base (production d'eau chaude sanitaire)        |
| $C_{WW, j=3}$               | -                                  | Taux de couverture de la production de chaleur par un système de chauffage d'appoint (production d'eau chaude sanitaire)            |
| $d_T$                       | m                                  | Épaisseur effective d'un élément de construction  |
| e                           | -                                  | Coefficient de la classe de protection  |
| $e_{CO_2}$                  | kgCO₂/kWh                          | Facteur environnemental rapporté à l'énergie finale   |
| $e_{CO_2, centr, th, foss}$ | kgCO₂/kWh <sub>e</sub>             | Facteur environnemental pour le système du chauffage urbain de centrales thermiques avec du combustible fossile                     |
| $e_{CO_2, centr, th, ren}$  | kgCO₂/kWh <sub>e</sub>             | Facteur environnemental pour le système du chauffage urbain de centrales thermiques avec du combustible renouvelable                |
| $e_{CO_2, ch, fatale}$      | kgCO₂/kWh <sub>e</sub>             | Facteur environnemental de la chaleur fatale fixé à 0   |
| $e_{CO_2, H}$               | kgCO₂/kWh                          | Facteur environnemental (chaleur de chauffage)  |
| $e_{CO_2, Hlf}$             | kgCO₂/kWh                          | Facteur environnemental (énergie auxiliaire)  |
| $e_{CO_2, mix}$             | kgCO₂/kWh <sub>e</sub>             | Facteur environnemental pondéré   |
| $e_{CO_2, WW}$              | kgCO₂/kWh                          | Facteur environnemental (eau chaude sanitaire)  |
| $e_{E, H}$                  | kWh <sub>E</sub> /kWh              | Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage   |
| $e_{E, WW}$                 | kWh <sub>E</sub> /kWh              | Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire  |
| $e_i$                       | kWh/« Unité »                      | Pouvoir calorifique du vecteur énergétique utilisé pour l'année i   |
| $e_P$                       | kWh <sub>P</sub> /kWh <sub>e</sub> | Facteur de dépense en énergie primaire rapporté à l'énergie finale  |
| $e_{P, centr, th, foss}$    | kWh <sub>P</sub> /kWh <sub>e</sub> | Facteur de dépense en énergie primaire pour le système du chauffage urbain de centrales thermiques avec du combustible fossile      |
| $e_{P, centr, th, ren}$     | kWh <sub>P</sub> /kWh <sub>e</sub> | Facteur de dépense en énergie primaire pour le système du chauffage urbain de centrales thermiques avec du combustible renouvelable |

|                     |               |   |
|---------------------|---------------|---|
| $e_{p, ch, fatale}$ | $kWh_p/kWh_e$ | Facteur de dépense en énergie primaire de la chaleur fatale fixé à 0  |
| $e_{p, H}$          | $kWh_p/kWh_E$ | Facteur de dépense en énergie primaire (chaleur de chauffage)   |
| $e_{p, Hif}$        | $kWh_p/kWh_E$ | Facteur de dépense en énergie primaire (énergie auxiliaire)   |
| $e_{p, mix}$        | $kWh_p/kWh_e$ | Facteur de dépense en énergie primaire pondéré  |
| $e_{p, WW}$         | $kWh_p/kWh_E$ | Facteur de dépense en énergie primaire (production d'eau chaude sanitaire)  |
| $f$                 | %             | Quote-part de la surface des fenêtres   |
| $f_{1/M}$           | -             | Facteur d'ajustement $f_{1,M}$  |
| $f_{2/M}$           | -             | Facteur d'ajustement $f_{2,M}$  |
| $f_{a/h}$           | -             | Rapport de la profondeur sur la hauteur libre du local  |
| $f_{a/s}$           | -             | Facteur d'ajustement pour la prise en considération de l'inclinaison et de l'orientation de l'installation photovoltaïque   |
| $F_C$               | -             | Facteur de réduction dû aux protections solaires  |
| $f_{DWW,j}$         | -             | Facteur d'ajustement limitant la prise en compte de l'autoconsommation de la production d'électricité par une installation photovoltaïque pour la production d'eau chaude sanitaire par des chauffe-eaux instantanés, ( $f_{DWW,j} = 0$ dans le cas de tout autre système de production d'eau chaude sanitaire) |
| $F_{f,j}$           | -             | Facteur d'ombrage partiel des fenêtres dû à des éléments en surplomb latéraux   |
| $F_g$               | -             | Facteur de réduction dû au réglage  |
| $F_{G,j}$           | -             | Quote-part vitrée d'une fenêtre rapportée aux dimensions brutes (gros-œuvre)  |
| $F_{h,j}$           | -             | Facteur d'ombrage partiel des fenêtres dû à des constructions avoisinantes et au paysage  |
| $f_{klima}$         | -             | Facteur de correction climatique annuel pour la chaleur de chauffage  |
| $f_{mod}$           | -             | Facteur de correction des exigences   |
| $F_{0,i}$           | -             | Facteur d'ombrage partiel des fenêtres dû à des éléments en surplomb horizontaux  |
| $f_{PV,WE}$         | -             | Facteur de puissance de l'installation photovoltaïque en fonction du nombre de logements pour la production d'eau chaude sanitaire par un chauffe-eau instantané  |
| $F_{s,i}$           | -             | Facteur de conversion du pouvoir calorifique supérieur en pouvoir calorifique inférieur d'un vecteur énergétique  |
| $F_{S,i}$           | -             | Facteur d'ombrage pour l'ombrage dû aux constructions pour les fenêtres i conformément à la norme DIN V 18599-2:2011-12, chapitre 6.4.1.  |
| $f_{sys}$           | -             | Facteur de performance du système   |
| $F_{V,i}$           | -             | Facteur d'encrassement d'une fenêtre  |
| $F_{W,i}$           | -             | Facteur de réduction dû à une incidence non verticale du rayonnement solaire  |
| $f_{w,M}$           | -             | Facteur de pondération mensuel  |
| $f_{WW,d,e}$        | -             | Facteur de production électrique décentralisée d'eau chaude sanitaire   |
| $f_{ze}$            | -             | Facteur de correction pour un chauffage intermittent  |
| $F_{\theta,i}$      | -             | Facteur de correction de la température   |
| $f_{w,M}$           | -             | Facteur d'ajustement mensuel du rayonnement incident de l'installation photovoltaïque   |
| $g_{tot}$           | -             | Facteur de transmission énergétique totale en tenant compte de la protection solaire  |
| $g_{\perp}$         | -             | Facteur de transmission énergétique totale pour une incidence verticale du rayonnement  |
| $\gamma_M$          | -             | Rapport mensuel entre les apports et les déperditions totales en chaleur  |
| $h$                 | $W/(m^2K)$    | Coefficient de déperdition spécifique de chaleur du bâtiment  |
| $H_i$               | $kWh/[Unité]$ | Pouvoir calorifique inférieur d'un vecteur énergétique  |
| $H_{iu}$            | $W/K$         | Coefficient de déperdition de chaleur entre un local chauffé et un local non chauffé  |
| $h_R$               | m             | Hauteur libre du local (dimensions intérieures)   |
| $H_s$               | $kWh/[Unité]$ | Pouvoir calorifique supérieur d'un vecteur énergétique  |
| $H_T$               | $W/K$         | Coefficient de déperdition de chaleur par transmission  |
| $H'_T$              | $W/(m^2 K)$   | Coefficient spécifique de transfert de chaleur par transmission relatif à l'enveloppe thermique du bâtiment et spécifique à la température  |
| $H'_{T,max}$        | $W/(m^2 K)$   | Coefficient spécifique maximal de transfert de chaleur par transmission relatif à l'enveloppe thermique du bâtiment et spécifique à la température  |
| $H_{ue}$            | $W/K$         | Coefficient de déperdition de chaleur d'un local non chauffé vers l'extérieur   |
| $H_V$               | $W/K$         | Coefficient de déperdition de chaleur par ventilation   |



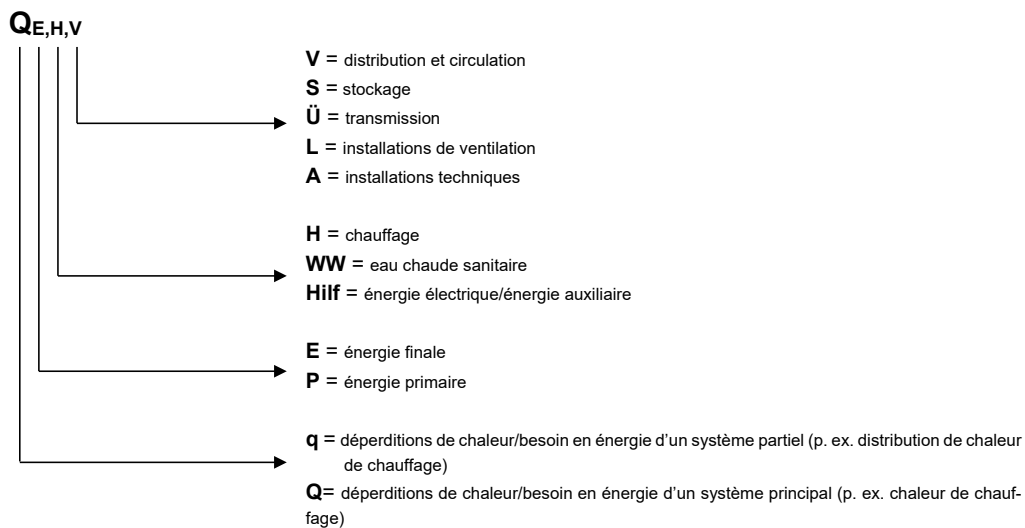
|                     |                                     |  |
|---------------------|-------------------------------------|--|
| $H_{WB}$            | W/K                                 | Coefficient de déperdition de chaleur dû à des ponts thermiques linéaires  |
| Indice M            | -                                   | Correspond à une durée de référence d'un mois  |
| Indice i            | -                                   | Nombre, relatif au sous-ensemble i   |
| $I_{0,s,M}$         | [W/m <sup>2</sup> ]                 | Intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire total sur une surface horizontale (0°) (climat de référence Luxembourg)   |
| $I_{90,s,M}$        | [W/m <sup>2</sup> ]                 | Intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire total sur une surface verticale (90°) (climat de référence Luxembourg)  |
| $I_{S,M,r}$         | W/m <sup>2</sup>                    | Intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire total en fonction de l'orientation de la surface  |
| $I_{S,M,x}$         | W/m <sup>2</sup>                    | Intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire total sur une surface intermédiaire   |
| $I_{S,ref}$         | kW/m <sup>2</sup>                   | Intensité énergétique de référence du rayonnement solaire avec 1 kW/m <sup>2</sup>   |
| $\vartheta_{e,M}$   | °C                                  | Température extérieure moyenne par mois  |
| $\vartheta_i$       | °C                                  | Température intérieure moyenne   |
| $l_i$               | m                                   | Longueur d'un pont thermique   |
| $\lambda_B$         | W/(m.K)                             | Conductivité thermique utile   |
| $\lambda_D$         | W/(m.K)                             | Conductivité thermique déclarée  |
| n                   | h <sup>-1</sup>                     | Taux de renouvellement d'air effectif (énergétiquement efficace)   |
| $n_{50}$            | h <sup>-1</sup>                     | Valeur d'étanchéité à l'air du bâtiment obtenue pour une différence de pression de 50 Pa   |
| $n_{centr,th,foss}$ | -                                   | Taux de couverture de la production de chaleur pour le système du chauffage urbain de centrales thermiques avec du combustible fossile, suivant les conditions d'exploitation réelles pour la détermination de $e_{p,mix}$ et de $e_{CO_2,mix}$      |
| $n_{centr,th,ren}$  | -                                   | Taux de couverture de la production de chaleur pour le système du chauffage urbain de centrales thermiques avec du combustible renouvelable, suivant les conditions d'exploitation réelles pour la détermination de $e_{p,mix}$ et de $e_{CO_2,mix}$ |
| $n_{ch,fatale}$     | -                                   | Taux de couverture de la production de chaleur par la chaleur fatale, suivant les conditions d'exploitation réelles pour la détermination de $e_{p,mix}$ et de $e_{CO_2,mix}$  |
| $n_H$               | h <sup>-1</sup>                     | Taux de renouvellement de l'air moyen d'une installation de ventilation pendant le fonctionnement à pleine charge lors de la période de chauffage  |
| $n_N$               | h <sup>-1</sup>                     | Taux de renouvellement de l'air moyen d'une installation de ventilation pendant le fonctionnement à charge partielle lors de la période de chauffage   |
| $n_{WE}$            | -                                   | Nombre de logements  |
| $\eta_{OM}$         | -                                   | Taux d'utilisation mensuel des gains thermiques sans tenir compte de la transmission de chaleur au local dans le cas d'un réglage optimal des températures des locaux  |
| $\eta_{Bat}$        | -                                   | Rendement du système de stockage d'électricité   |
| $\eta_{EWT}$        | -                                   | Rendement annuel de l'échangeur de chaleur géothermique  |
| $\eta_L$            | %                                   | Rendement du système de récupération de chaleur en conditions d'exploitation   |
| $\eta_M$            | -                                   | Taux d'utilisation mensuel des gains thermiques  |
| $\omega$            | °                                   | Inclinaison de l'installation photovoltaïque   |
| $P_{FG}$            | m                                   | Périmètre de la surface $A_{FG}$   |
| $P_{PV}$            | kW                                  | Puissance de crête que l'installation photovoltaïque fournit en conditions de test standard (STC)  |
| $P_{tot}$           | kW                                  | Puissance thermique installée de la pompe à chaleur  |
| $Q_{CO_2}$          | kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique d'émissions totales de CO <sub>2</sub>   |
| $Q_{CO_2,H}$        | kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique d'émissions de CO <sub>2</sub> , chaleur de chauffage  |
| $Q_{CO_2,Hilf}$     | kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique d'émissions de CO <sub>2</sub> , énergie auxiliaire  |
| $Q_{CO_2,PV,self}$  | kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> a | Crédit spécifique annuel en émissions de CO <sub>2</sub> imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque  |
| $Q_{CO_2,WW}$       | kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique d'émissions de CO <sub>2</sub> , production d'eau chaude sanitaire   |
| $Q_{E,B}$           | kWh/m <sup>2</sup> a                | Valeur spécifique du besoin en énergie finale  |
| $Q_{E,Bat}$         | kWh/M                               | Capacité du système de stockage d'électricité  |
| $Q_{E,B,H}$         | kWh/m <sup>2</sup> a                | Valeur spécifique du besoin en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire  |
| $Q^*_{E,B,H}$       | kWh/m <sup>2</sup> a                | Valeur spécifique modifiée du besoin en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire   |

|                    |                      |  |
|--------------------|----------------------|--|
| $Q_{E,B,H,WW}$     | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire par un système de chauffage central           |
| $Q_{E,B,H,WW}^*$   | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique modifiée du besoin en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire par un système de chauffage central  |
| $Q_{E,H}$          | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage  |
| $Q_{E,H,if}$       | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie finale, énergie auxiliaire  |
| $Q_{E,M,el}$       | kWh/M                | Besoin mensuel en électricité des installations techniques du bâtiment imputable   |
| $Q_{E,M,el,day}$   | kWh/M                | Besoin mensuel en électricité des installations techniques du bâtiment dans les périodes présentant un rayonnement solaire                                       |
| $Q_{E,M,el,night}$ | kWh/M                | Besoin mensuel en électricité des installations techniques du bâtiment en dehors des périodes présentant un rayonnement solaire                                  |
| $Q_{E,PV,Bat,M}$   | kWh/M                | Part mensuelle supplémentaire imputable grâce à un système de stockage d'électricité   |
| $Q_{E,PV}$         | kWh/M                | Production annuelle d'électricité d'une installation photovoltaïque  |
| $Q_{E,PV,M}$       | kWh/M                | Production mensuelle d'électricité d'une installation photovoltaïque   |
| $Q_{E,PV,self,a}$  | kWh/a                | Part annuelle autoconsommée de l'électricité produite par une installation photovoltaïque  |
| $Q_{E,PV,self,M}$  | kWh/M                | Part mensuelle autoconsommée de l'électricité produite par une installation photovoltaïque   |
| $Q_{E,V}$          | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique de la consommation en énergie finale   |
| $Q_{E,V,H}$        | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique de la consommation en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire |
| $Q_{E,V,H,WW}$     | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique de la consommation en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire                             |
| $Q_{E,WW}$         | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire   |
| $Q_h$              | kWh/a                | Besoin annuel en chaleur de chauffage  |
| $Q_{h,M}$          | kWh/M                | Besoin mensuel en chaleur de chauffage   |
| $q_h$              | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage  |
| $Q_H$              | kWh/m <sup>2</sup> a | Chaleur de chauffage mise à disposition par une installation de production de chaleur  |
| $q_{H,A}$          | kWh/m <sup>2</sup> a | Besoin en énergie pour la distribution et l'accumulation de chaleur  |
| $q_{H,H,if}$       | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production de chaleur de chauffage   |
| $q_{H,H,if,S}$     | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour l'accumulation de chaleur de chauffage  |
| $q_{H,H,if,U}$     | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la transmission de chaleur de chauffage   |
| $q_{H,H,if,V}$     | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la distribution de chaleur de chauffage   |
| $Q_{h,M}$          | kWh/M                | Besoin mensuel en chaleur de chauffage   |
| $q_{H,max}$        | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur maximale du besoin spécifique en chaleur de chauffage   |
| $q_{H,ref}$        | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique de référence du besoin en chaleur de chauffage   |
| $q_{H,S}$          | kWh/m <sup>2</sup> a | Dépenses spécifiques d'accumulation de chaleur   |
| $q_{H,V}$          | kWh/m <sup>2</sup> a | Dépenses spécifiques de distribution de chaleur  |
| $Q_{H,if,A}$       | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations techniques   |
| $Q_{H,if,H}$       | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production de chaleur y comprises la distribution, l'accumulation et la transmission                   |
| $Q_{H,if,L}$       | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations de ventilation   |
| $Q_{H,if,WW}$      | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production d'eau chaude sanitaire y comprises la distribution, l'accumulation et la transmission       |
| $Q_{i,M}$          | kWh/M                | Gains de chaleur internes mensuels   |
| $q_M$              | W/m <sup>2</sup> M   | Valeur spécifique moyenne des gains de chaleur internes mensuels   |
| $q_L$              | W/m <sup>3</sup> /h  | Puissance spécifique absorbée par une installation de ventilation  |
| $Q_P$              | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin total en énergie primaire  |
| $Q_{P,H}$          | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie primaire, chaleur de chauffage  |
| $Q_{P,H,if}$       | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie primaire, énergie auxiliaire  |
| $Q_{P,max}$        | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur maximale du besoin spécifique en énergie primaire total   |
| $Q_{P,PV,self}$    | kWh/m <sup>2</sup> a | Crédit spécifique annuel en énergie primaire imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque                              |

|                 |                      |  |
|-----------------|----------------------|--|
| $Q_{P,ref}$     | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique de référence du besoin total en énergie primaire   |
| $Q_{P,WW}$      | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie primaire, production d'eau chaude sanitaire   |
| $Q_{s,M}$       | kWh/M                | Gains solaires mensuels par des éléments de construction transparents  |
| $Q_{ti,M}$      | kWh/M                | Déperdition de chaleur mensuelle par ventilation et par transmission   |
| $q_{V,i}$       | kWh/a                | Consommation énergétique au cours de l'année de référence i  |
| $q_{V,H,i}$     | kWh/a                | Consommation énergétique au cours de l'année de référence i tributaire des conditions météorologiques  |
| $q_{V,m}$       | kWh/a                | Consommation énergétique moyenne   |
| $q_{V,WW,i}$    | kWh/a                | Consommation énergétique au cours de l'année de référence i indépendante des conditions météorologiques  |
| $Q_{WW}$        | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie utile, production d'eau chaude sanitaire  |
| $q_{WW}$        | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie, production d'eau chaude sanitaire  |
| $q_{WW,Hif,S}$  | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, accumulation d'eau chaude sanitaire   |
| $q_{WW,Hif,V}$  | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, distribution d'eau chaude sanitaire   |
| $q_{WW,S}$      | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique des déperditions d'accumulation de l'eau chaude sanitaire  |
| $q_{WW,V}$      | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique des déperditions de distribution et de circulation de l'eau chaude sanitaire   |
| $q_{WW,Hif}$    | kWh/m <sup>2</sup> a | Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, production d'eau chaude sanitaire   |
| $R_{se}$        | m <sup>2</sup> K/W   | Résistivité thermique extérieure   |
| $R_{si}$        | m <sup>2</sup> K/W   | Résistivité thermique intérieure   |
| $t_B$           | h/a                  | Nombre d'heures de fonctionnement par an d'une installation technique  |
| $t_{B,H}$       | h                    | Durée de fonctionnement à pleine charge d'une installation technique pendant la durée de fonctionnement  |
| $t_{B,N}$       | h                    | Durée de fonctionnement à charge partielle d'une installation technique pendant la durée de fonctionnement   |
| $t_H$           | h                    | Durée de la période de chauffage   |
| $t_{iG,day}$    | -                    | Facteur d'ajustement pour la période présentant un rayonnement solaire   |
| $t_M$ ou $T_M$  | d/M                  | Nombre de jours par mois   |
| $t_s$           | -                    | Transmittance solaire des éléments de construction extérieurs d'un local   |
| $t_{s,max}$     | -                    | Valeur limite de la transmittance solaire des éléments de construction extérieurs d'un local   |
| $\tau$          | h                    | Inertie thermique du bâtiment  |
| $U_{FG0}$       | W/(m <sup>2</sup> K) | Valeur U d'une fermeture horizontale inférieure en contact avec le sol   |
| $U_i$           | W/(m <sup>2</sup> K) | Coefficient de transmission thermique d'un élément de construction   |
| $U_{max}$       | W/(m <sup>2</sup> K) | Valeurs maximales des coefficients de transmission thermique   |
| $U_{max,BH}$    | W/(m <sup>2</sup> K) | Valeurs maximales des coefficients de transmission thermique d'éléments de construction spéciaux   |
| $U_g$           | W/(m <sup>2</sup> K) | Valeur U d'une vitre   |
| $U_f$           | W/(m <sup>2</sup> K) | Valeur U d'un cadre de fenêtre   |
| $U_w$           | W/(m <sup>2</sup> K) | Valeur U de l'ensemble de la fenêtre (vitre et cadre)  |
| $U_{WG0}$       | W/(m <sup>2</sup> K) | Valeur U d'une paroi en contact avec le sol  |
| $V_{acc}$       | l                    | Volume de l'accumulateur de glace  |
| $V_e$           | m <sup>3</sup>       | Volume conditionné brut  |
| $V_{e,OG}$      | m <sup>3</sup>       | Volume brut de l'étage supérieur   |
| $V_{e,OG-1}$    | m <sup>3</sup>       | Volume brut de l'étage situé au-dessous de l'étage supérieur   |
| $V_{i,s}$       | « Unité »/a          | Consommation énergétique annuelle d'un vecteur énergétique en fonction de l'unité de consommation ou de facturation avec « i » rapporté au pouvoir calorifique inférieur et « s » au pouvoir calorifique supérieur |
| $\dot{V}_L$     | m <sup>3</sup> /h    | Débit d'air d'une installation de ventilation  |
| $\dot{V}_{L,m}$ | m <sup>3</sup> /h    | Débit d'air pondéré selon la durée de fonctionnement de l'installation de ventilation  |
| $V_n$           | m <sup>3</sup>       | Volume d'air chauffé d'un bâtiment   |
| $V_r$           | m <sup>3</sup>       | Volume d'air d'un local qui, en tant que partie du volume d'air chauffé d'un bâtiment, n'est pas renouvelé par une installation de ventilation   |

|          |                |  |
|----------|----------------|--|
| $V_{rL}$ | $m^3$          | Volume d'air d'un local qui, en tant que partie du volume d'air chauffé d'un bâtiment, est renouvelé par une installation de ventilation |
| $V$      | $m^3$ ou litre | Volume ou contenu  |
| $\psi_l$ | $W/(mK)$       | Coefficient linéique de transmission thermique d'un pont thermique   |

### 0.2.1 Signification des indices



### Remarques concernant les méthodes de calcul utilisées

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

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

## 1 EXIGENCES MINIMALES APPLICABLES AUX BATIMENTS D'HABITATION

### 1.1 Exigences minimales relatives aux coefficients de transmission thermique

Les éléments de construction d'un bâtiment d'habitation neuf doivent être conçus de sorte que les coefficients de transmission thermique ne dépassent pas les valeurs maximales fixées dans le tableau 1 et dans le cas d'une modification respectivement d'une transformation substantielle ne dépassent pas les valeurs relatives des éléments de construction de l'enveloppe thermique avant la modification respectivement avant la transformation substantielle.

| Valeurs maximales des coefficients de transmission thermique de chacun des éléments de construction<br>$U_{\max}$ en $W/(m^2K)^{1) 2) 6)}$ valables jusqu'au 31.12.2022    |                                     |  |  |
|--|-------------------------------------|--|--|
| Élément de construction  | En contact avec le climat extérieur | En contact avec des locaux très peu chauffés | Surfaces en contact avec le sol ou des locaux non chauffés |
| Mur et fermeture horizontale inférieure du bâtiment <sup>3)</sup>  | 0,32                                | 0,50   | 0,40   |
| Toit et fermeture horizontale supérieure du bâtiment <sup>3)</sup>   | 0,25                                | 0,35   | 0,30   |
| Fenêtre ou porte-fenêtre, y compris le cadre <sup>4) 5)</sup>  | 1,5                                 | 2,0  | 2,0  |
| Porte extérieure, y compris le cadre   | 2,0                                 | 2,5  | 2,5  |
| Coupole d'éclairage naturel  | 2,7                                 | 2,7  | 2,7  |
| Valeurs maximales des coefficients de transmission thermique de chacun des éléments de construction<br>$U_{\max}$ en $W/(m^2K)^{1) 2) 6)}$ valables à partir du 01.01.2023 |                                     |  |  |
| Élément de construction  | Climat extérieur                    | Locaux très peu chauffés                     | Surfaces en contact avec le sol ou des locaux non chauffés |
| Mur et fermeture horizontale inférieure du bâtiment <sup>3)</sup>  | 0,28                                | 0,45   | 0,36   |
| Toit et fermeture horizontale supérieure du bâtiment <sup>3)</sup>   | 0,22                                | 0,31   | 0,27   |
| Fenêtre ou porte-fenêtre, y compris le cadre <sup>4) 5)</sup>  | 1,20                                | 1,80   | 1,80   |
| Porte, y compris le cadre  | 1,60                                | 2,20   | 2,20   |
| Coupole d'éclairage naturel  | 2,40                                | 2,40   | 2,40   |

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

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

| Valeurs maximales des coefficients de transmission thermique de chacun des éléments de construction<br>$U_{\max}$ en $W/(m^2K)^{1) 6)}$ |                  |  |
|---|------------------|--|
| Élément de construction   | Climat extérieur | Surfaces en contact avec le sol ou des locaux non chauffés |
| Mur et fermeture horizontale inférieure du bâtiment   | 0,13             | 0,17   |
| Toit et fermeture horizontale supérieure du bâtiment  | 0,11             | 0,17   |
| Fenêtre ou porte-fenêtre, y compris le cadre <sup>4) 5)</sup>   | 0,90             | 0,90   |
| Porte, y compris le cadre   | 1,00             | 1,35   |
| Coupole d'éclairage naturel   | 1,00             | 1,00   |

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



Si, dans le cas des extensions visées ci-avant, il est dérogé au respect d'un ou de plusieurs coefficient(s) de transmission thermique  $U_{\max}$  du tableau 2, le respect d'un coefficient spécifique de transfert de chaleur par transmission spécifique à la température  $H'_{T}$  relatif à l'enveloppe thermique du bâtiment doit être prouvé pour l'extension complète :  $H'_{T} \leq H'_{T,\max}$ .

Le coefficient spécifique de transfert de chaleur par transmission  $H'_{T}$  relatif à l'enveloppe thermique du bâtiment et spécifique à la température est calculé de la manière suivante :

$$H'_{T} = \frac{\sum_i (A_i \cdot (U_i + \Delta U_{WB}) \cdot F_{\theta,i})}{\sum_i A_i}$$

$$H'_{T,\max} = \frac{\sum_i (A_i \cdot (U_{\max,i} + 0,05) \cdot F_{\theta,i})}{\sum_i A_i}$$

où:

|                 |          |  |
|-----------------|----------|--|
| $H'_{T}$        | W/(m² K) | est le coefficient spécifique de transfert de chaleur par transmission relatif à l'enveloppe thermique du bâtiment et spécifique à la température  |
| $H'_{T,\max}$   | W/(m² K) | est le coefficient spécifique maximal de transfert de chaleur par transmission relatif à l'enveloppe thermique du bâtiment et spécifique à la température  |
| $A_i$           | m²       | est la surface de l'élément de construction i de l'enveloppe thermique du bâtiment   |
| $U_i$           | W/(m² K) | est le coefficient de transmission thermique de l'élément de construction i de l'enveloppe thermique du bâtiment   |
| $U_{\max,i}$    | W/(m² K) | est le coefficient de transmission thermique maximal de l'élément de construction i de l'enveloppe thermique du bâtiment selon le tableau 2  |
| $F_{\theta,i}$  | -        | est le facteur de correction de la température pour l'élément de construction i de l'enveloppe thermique du bâtiment lequel est en contact avec des locaux très peu chauffés, avec le sol ou des locaux non chauffés |
| $\Delta U_{WB}$ | W/(m² K) | est le facteur de correction des ponts thermiques conformément au chapitre 5.2.1.4   |

Pour les éléments de construction en contact avec des locaux très peu voire non chauffés ou avec le sol, la correction de la température doit être prise en compte avec des facteurs de correction de la température forfaitaires  $F_{\theta,i}$  selon les chapitres 5.2.1.3.1 et 5.2.1.3.2 tableau 12 et tableau 13 ou avec un calcul détaillé selon la norme EN ISO 13370 ou EN ISO 13789.

Si la méthode des facteurs de correction de la température forfaitaires  $F_{\theta,i}$  est choisie, ceux-ci sont également à prendre en compte lors de la détermination de  $H'_{T,\max}$ . Si le calcul détaillé est choisi selon la norme EN ISO 13370 ou EN ISO 13789, alors les éléments de construction concernés sont à considérer comme étant en contact avec le climat extérieur selon le tableau 2 lors de la détermination de  $H'_{T,\max}$ .

Sans préjudice de la manière dont les exigences sont justifiées pour les extensions visées au chapitre 1.1, les exigences minimales concernant les coefficients de transmission  $U_{\max}$  pour les éléments de construction du tableau 1 sont à respecter :

- 1) Les valeurs  $U$  des éléments de construction opaques doivent être déterminées conformément à la norme EN ISO 6946. La valeur de la conductivité thermique utile  $\lambda_B$  doit être déterminée à partir de la valeur de la conductivité thermique déclarée  $\lambda_D$  et conformément à la norme EN ISO 10456, en arrondissant à trois décimales près, avec une teneur en humidité correspondante à l'humidité relative de l'air de 50% à une température de 23°C et avec une température moyenne de 10°C comme conditions de référence.

Le ministre peut fixer des facteurs de correction multiplicateurs à appliquer à la valeur de la conductivité thermique déclarée  $\lambda_D$ , pouvant aller jusqu'aux maxima suivants :

- 1,10 pour des matériaux isolants hygroscopiques ;
- 1,20 pour des matériaux isolants mis en place dans un milieu humide ou produits sur chantier.

Le ministre peut également fixer des facteurs de correction multiplicateurs à appliquer à la valeur de la conductivité thermique déclarée  $\lambda_D$ , pouvant aller jusqu'au maximum de 1,30, respectivement fixer

la valeur de la conductivité thermique utile à utiliser, pour les matériaux isolants pour lesquels les valeurs de calcul ou les valeurs normées ne sont pas disponibles.

À défaut de fixation, le facteur de correction multiplicateur est 1,00.

Alternativement la valeur de la conductivité thermique utile  $\lambda_B$  peut être déterminée conformément à la norme DIN 4108-4.

- 2) Il y a lieu de multiplier dans les situations suivantes la valeur maximale autorisée du coefficient de transmission thermique du tableau 1 par un coefficient d'abaissement de 0,8 ( $U_{\max, BH} = U_{\max} \cdot 0,8$ ):
  - surfaces avec chauffage intégré dans les éléments de construction (p. ex. chauffage au sol, chauffage mural, etc.);
  - fenêtres se trouvant le long des radiateurs.
- 3) Pour les bâtiments d'habitation existants auxquels les exigences du chapitre 2 ne s'appliquent pas (travaux de rénovation de bâtiments existants), la valeur maximale pour  $U_{\max}$  peut, en cas d'un assainissement par une isolation intérieure, être multipliée par un facteur de 1,25 jusqu'au 31.12.2022 et par un facteur de 1,43 à partir du 01.01.2023. Cette disposition ne concerne pas l'isolation intérieure de la toiture.
- 4) Les vitrines de locaux servant à des activités commerciales ou libérales de grandes dimensions ( $> 15 \text{ m}^2$ ) sont exclues. Dans ce cas, il faut respecter une valeur  $U$  pour le vitrage  $U_g$  de  $\leq 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- 5) La valeur totale  $U$  d'une fenêtre  $U_w$  doit être déterminée conformément à la norme EN ISO 10077. Elle comprend le cadre, le vitrage et le coefficient de transmission thermique linéique de l'intercalaire.
- 6) Les valeurs des coefficients de transmission thermique  $U$  des éléments de construction opaques sont à respecter en arrondissant à trois décimales près et celles pour les éléments de construction transparents en arrondissant à deux décimales près.
- 7) Par « local très peu chauffé », on entend un local qui comprend une installation de chauffage fixe, qui n'est pas utilisé uniquement à des fins d'habitation et lequel est chauffé à température abaissée constante (température intérieure moyenne comprise entre  $12^\circ\text{C}$  et  $18^\circ\text{C}$ ).
- 8) Pour les bâtiments jumelés présentant différents délais d'achèvement, les murs mitoyens peuvent être considérés dans le calcul comme ne transmettant pas la chaleur et aucune exigence minimale concernant une valeur  $U$  n'est requise, pour autant que ces murs soient ultérieurement en contact avec des locaux chauffés et que la période entre les délais d'achèvement des bâtiments ne dépasse pas 12 mois. Dans le cas contraire, les exigences minimales relatives au climat extérieur doivent être respectées conformément au tableau 1.
- 9) Pour ce qui concerne les éléments de construction en contact avec des locaux non chauffés ou avec le sol, lorsque l'effet d'isolation du local non chauffé ou du sol est pris en compte dans le calcul de la valeur  $U$ , il est possible d'attester au moyen d'un calcul conforme aux normes EN ISO 13789 ou EN ISO 13370, que ces éléments respectent les valeurs limites pour les éléments de construction en contact avec le climat extérieur.
- 10) Les exigences minimales relatives aux coefficients de transmission thermique applicables pour des éléments en contact avec des locaux très peu chauffés ou des locaux non chauffés à l'intérieur de parties du bâtiment d'habitation du même utilisateur ne s'appliquent pas si l'incidence du non-respect de ces exigences minimales sur le besoin en chaleur de chauffage total du bâtiment d'habitation entier est très faible et si ces locaux se trouvent intégralement à l'intérieur de l'enveloppe thermique et de l'enveloppe d'étanchéité à l'air.
- 11) L'enveloppe thermique doit être indiquée dans les plans de construction conformément au chapitre 3.2.

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

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

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

### 1.2.1 Respect des exigences relatives à la protection thermique d'été

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

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

#### 1.2.1.1 Preuve simplifiée

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

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

Cette méthode simplifiée ne peut pas être appliquée raisonnablement aux atriums, aux zones avec une large surface vitrée et aux systèmes d'isolation thermique transparente et elle ne prend pas en compte un refroidissement nocturne. Dans ces cas, il faut garantir une protection thermique d'été par des méthodes de calcul d'ingénierie plus précises. L'application de ces méthodes est généralement autorisée, voire recommandée en cas de concepts à ventilation nocturne.

#### 1.2.1.2 Preuve par simulation

Dans le cas d'une preuve par simulation, les apports solaires doivent être limités de sorte à ce que la température ambiante sans refroidissement actif ne soit supérieure à  $26^\circ\text{C}$  sur plus de 10% du temps d'exploitation. Pour prouver que les exigences pour la protection thermique d'été sont respectées, il faut réaliser le calcul avec des données climatiques du Luxembourg qui sont mises à disposition par le ministre. Les conditions limites à respecter et la documentation obligatoire du calcul dans le cas d'une preuve par simulation sont définies au chapitre 1.2.2 de l'annexe II.

### 1.2.2 Détermination de la transmittance solaire

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

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

où:

|                    |                |   |
|--------------------|----------------|---|
| $t_s$              | -              | est la transmittance solaire des éléments de construction extérieurs d'un local;  |
| $A_{Fe,(O,S,W),i}$ | m <sup>2</sup> | est la surface des fenêtres $i$ orientées vers le nord-est en passant par le sud jusqu'au nord-ouest ( $45^\circ \leq x \leq 315^\circ$ ) (dimensions intérieures brutes (gros-œuvre));   |
| $A_{Fe,N,i}$       | m <sup>2</sup> | est la surface des fenêtres $i$ orientées vers le nord-ouest en passant par le nord jusqu'au nord-est ( $315^\circ < x; x < 45^\circ$ ) et les surfaces des fenêtres toujours à l'ombre du rayonnement direct (dimensions intérieures brutes (gros-œuvre)); |
| $A_{Fe,H,i}$       | m <sup>2</sup> | est la surface des fenêtres $i$ horizontales ou inclinées ou des éléments de construction transparents $i$ avec $0^\circ \leq$ inclinaison $\leq 60^\circ$ (dimensions intérieures brutes (gros-œuvre));  |
| $g_{tot,i}$        | -              | est le facteur de transmission énergétique total (vitrage, protection solaire) de la fenêtre $i$ pour une incidence verticale du rayonnement conformément au chapitre 1.2.4;  |
| $F_{S,i}$          | -              | est le facteur d'ombrage pour l'ombrage dû aux constructions pour les fenêtres $i$ conformément à la norme DIN V 18599-2:2011-12, chapitre 6.4.1. Si aucun ombrage dû aux constructions existe, alors $F_{S,i}$ est égal à 1;                               |
| $A_{NGF,R}$        | m <sup>2</sup> | est la surface de plancher nette du local considérée lors de la détermination de la transmittance solaire.  |

### 1.2.3 Exigence minimale relative à la transmittance solaire

La transmittance solaire  $t_s$  d'un local ne doit pas dépasser la valeur limite de la transmittance solaire  $t_{s,max}$  mentionnée dans le tableau 3.

$$t_s \leq t_{s,max}$$

La valeur limite  $t_{s,max}$  dépend du type de construction visé au chapitre 1.2.5 et du quotient de la profondeur du local par la hauteur du local  $f_{a/h}$  visé au chapitre 1.2.6.

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

Tableau 3 - Valeur limite de la transmittance solaire  $t_{s,max}$

Les valeurs intermédiaires de  $t_{s,max}$  qui ne sont pas comprises dans le tableau 3 et les valeurs de  $f_{a/h} > 5$  peuvent être obtenues au moyen des équations suivantes:

construction légère:  $t_{s,max} = 0,0624 * f_{a/h}^{-0,1680}$

construction moyennement lourde:  $t_{s,max} = 0,0868 * f_{a/h}^{-0,2192}$

construction lourde:  $t_{s,max} = 0,0964 * f_{a/h}^{-0,2302}$

Si le pourcentage de la surface de fenêtre rapportée à la surface de plancher nette considérée lors de la détermination de la transmittance solaire dans un local « critique » est inférieur ou égal aux valeurs indiquées dans le tableau 4, la protection thermique d'été est considérée comme garantie et il n'est pas nécessaire de démontrer l'exigence minimale relative à la protection thermique d'été pour ce local.

| Inclinaison des fenêtres par rapport à l'horizontale  | Orientation des fenêtres <sup>1)</sup>             | Pourcentage de la surface de fenêtre rapportée à la surface de plancher nette considérée lors de la détermination de la transmittance solaire <sup>2)</sup> |
|---|--|---|
| Entre 60° et 90°  | Nord-ouest en passant par le sud jusqu'au nord-est | 10%   |
|   | Toutes les autres orientations au nord             | 20%   |
| De 0° à 60°   | Toutes les orientations                            | 7%  |
| <sup>1)</sup> Lorsque le local considéré présente des fenêtres avec différentes orientations, il faut prendre la valeur limite la plus petite.<br><sup>2)</sup> Le pourcentage de surface de fenêtre d'un local est la somme de toutes les surfaces de fenêtre (dimensions brutes (gros-œuvre)) divisée par la surface de plancher nette considérée lors de la détermination de la transmittance solaire. |  |   |

Tableau 4 - Valeurs limites du pourcentage de surface de fenêtre par rapport à la surface de plancher nette considérée lors de la détermination de la transmittance solaire d'un local critique à partir duquel la protection thermique d'été est considérée comme étant garantie sans avoir à le démontrer

#### 1.2.4 Facteur de transmission énergétique totale $g_{tot}$

Les tableaux 1 et 2 de l'annexe III fournissent des valeurs standards pour le facteur de transmission énergétique totale  $g_{tot}$  pour des systèmes de protection solaire courants et différents vitrages. Les tableaux 3 et 4 de l'annexe III fournissent des valeurs standards pour le facteur de transmission lumineuse totale  $\tau_{v,tot}$  pour des systèmes de protection solaire courants et différents vitrages. En alternative, le facteur  $g_{tot}$  et  $\tau_{v,tot}$  peut être déterminé conformément aux normes EN ISO 52022 ou conformément à la DIN V 18599-2. Pour les systèmes qui ne peuvent pas être représentés de cette manière, le facteur  $g_{tot}$  peut être celui indiqué dans les données garanties par le fabricant.

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

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

Le type de construction peut être déterminé de manière simplifiée à l'aide du tableau 5.

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

Tableau 5 - Détermination simplifiée du type de construction

En vue de simplifier la classification, les éléments de construction peuvent être considérés comme étant en dur lorsque leur masse surfacique est supérieure à 100 kg/m<sup>2</sup> en tenant uniquement compte des couches des éléments de construction qui se trouvent à l'intérieur de l'épaisseur effective. L'épaisseur effective  $d_T$  d'un élément de construction est la plus petite des valeurs suivantes :

- l'épaisseur des matériaux situés entre la surface respective et la première couche d'isolation thermique (matériaux avec une conductivité thermique utile  $\lambda_B$  inférieure ou égale à 0,1 W/(mK));

- la valeur maximale de 10 cm;
- pour les éléments de construction intérieurs: la moitié de l'épaisseur totale de l'élément de construction.

En alternative, il est possible de déterminer le type de construction et la capacité d'accumulation thermique effective  $C_{\text{wirk}}$  conformément à la norme DIN 4108-2. Dans ce cas, il faut appliquer les limites de classe visées au tableau 6 pour déterminer le type de construction.

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

Tableau 6 - Classification du type de construction d'après la capacité d'accumulation thermique effective  $C_{\text{wirk}}$  conformément à la norme DIN 4108-2

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

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

$$f_{a/h} = \frac{a_R}{h_R}$$

où:

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

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

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

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

$$a_R = \frac{A_{\text{NGF},R}}{b_R}$$

où:

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

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



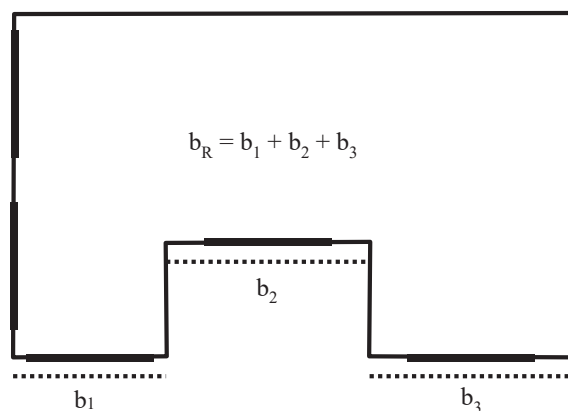


Illustration 1 - Détermination de la façade principale

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

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

$$h_R = \frac{\sum_j h_{R,j} \cdot A_{NGF,R,j}}{A_{NGF,R}}$$

où:

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

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

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

Les bâtiments d'habitation neufs doivent être conçus de sorte que la surface A de l'enveloppe thermique du bâtiment, y compris les joints/jointures, soient durablement étanches à l'air, conformément à l'état de la technique. À cet égard, il y a lieu de tenir compte des valeurs limites s'appliquant aux types de bâtiments spécifiés dans le tableau 7. Une attention particulière doit être prêtée aux constructions légères sur des constructions en dur ainsi qu'aux passages à travers le niveau étanche à l'air du bâtiment et aux installations techniques. Le niveau d'étanchéité à l'air doit être reporté sur les plans de construction à fournir conformément au chapitre 3.2.

Le débit volumétrique mesuré pour une différence de pression de 50 Pa (appelé aussi valeur de l'étanchéité à l'air  $n_{50}$ ) doit être inférieur aux valeurs limites figurant dans le tableau 7.

Si pour les types de bâtiments 2, 3, 4 et 5, des valeurs  $n_{50}$  correspondantes, conformes au tableau 7, servent de base de calcul, il faut aussi apporter la preuve du respect de l'étanchéité conformément à la norme EN ISO 9972 (test d'étanchéité à l'air), selon la méthode 1. Pour le contrôle/garantie de qualité pendant la phase de construction un test d'étanchéité à l'air selon la méthode 2 est recommandé.

| Type de bâtiment (uniquement pour les bâtiments neufs) |   | Valeur limite $n_{50}$<br>[1/h] <sup>2)</sup> |
|--|---|---|
| 1  | Bâtiment sans installation de ventilation   | $\leq 3,0$                                    |
| 2  | Bâtiment avec installation de ventilation <sup>1)</sup>   | $\leq 1,5$                                    |
| 3  | Bâtiment classe d'isolation thermique B sans installation de ventilation  | $\leq 1,5$                                    |
| 4  | Bâtiment classe d'isolation thermique B ou C équipé d'une installation de ventilation <sup>1)</sup> avec récupération de chaleur  | $\leq 1,0$                                    |
| 5  | Bâtiment classe d'isolation thermique A+ ou A équipé d'une installation de ventilation <sup>1)</sup> avec récupération de chaleur | $\leq 0,6$                                    |

Tableau 7 - Valeurs limites pour  $n_{50}$  - Valeurs pour les bâtiments neufs

- 1) Un bâtiment équipé d'une installation de ventilation est un bâtiment pour lequel le renouvellement de l'air nécessaire pendant la période de chauffage est principalement effectué au moyen d'une installation de ventilation mécanique (installation d'amenée et de reprise d'air, installation de reprise d'air, etc.).
- 2) Les valeurs limites  $n_{50}$  sont à respecter en arrondissant à une décimale près.

#### 1.4 Production de chaleur utile

Pour la production d'énergie thermique utile, aucun chauffage électrique direct ne peut être utilisé comme chauffage principal du bâtiment. Un chauffage électrique direct partiel est possible, par exemple pour la protection contre le gel ou le chauffage des salles de bain et pour la production de l'eau chaude sanitaire.

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

La déperdition d'énergie à travers les conduites d'eau chaude sanitaire (ECS) et de distribution de chaleur ainsi qu'à travers la robinetterie doit être limitée grâce à une isolation thermique conformément au tableau 8.

| Ligne | Type de conduites/accessoires   | Épaisseur minimale de la couche d'isolation pour une conductivité thermique utile de 0,035 W/(mK) |
|-------|---|---|
| 1     | Diamètre intérieur inférieur ou égal à 22 mm  | 20 mm   |
| 2     | Diamètre intérieur compris entre > 22 mm et 35 mm   | 30 mm   |
| 3     | Diamètre intérieur compris entre > 35 mm et 100 mm  | Égale au diamètre intérieur   |
| 4     | Diamètre intérieur supérieur à 100 mm   | 100 mm  |
| 5     | Conduites et accessoires visés aux lignes 1 à 4 dans les passages de mur et de plafond, au niveau de croisements de conduites, aux points de raccordement de conduites, au niveau des réseaux de distribution | ½ des exigences visées aux lignes 1 à 4   |
| 6     | Conduites de systèmes de chauffage central visées aux lignes 1 à 4 et posées dans des éléments de construction situés entre des zones chauffées de différents utilisateurs.                                   | ½ des exigences visées aux lignes 1 à 4   |
| 7     | Conduites avec une température aller du fluide caloporteur inférieur à 35°C   | ½ des exigences visées aux lignes 1 à 4   |
| 8     | Conduites dans la structure du plancher   | 10 mm   |

Tableau 8 - Isolation thermique des conduites d'eau chaude sanitaire et de distribution de chaleur ainsi que de la robinetterie

Pour les conduites des systèmes de chauffage central qui sont posées dans une zone chauffée ou dans des éléments de construction installés entre des zones chauffées du même utilisateur et qui traversent le local uniquement à des fins de chauffage, comme par exemple les conduites de raccordement aux radiateurs, aucune exigence relative à l'épaisseur minimale de la couche d'isolation n'est établie. Cette disposition s'applique

également aux conduites d'eau chaude sanitaire d'un diamètre intérieur inférieur ou égal à 22 mm qui ne sont pas incluses dans le circuit de circulation et qui ne sont pas équipées d'un câble/ruban chauffant électrique.

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

Pour les conduites de circulation qui, en raison des exigences plus strictes en matière de prévention de la légionellose, doivent en permanence être exploitées à des températures d'eau chaude élevées, il faut appliquer des exigences 1,5 fois plus élevées pour l'épaisseur minimale de la couche d'isolation que celles prévues dans le tableau 8.

Pour les conduites qui sont posées à l'extérieur, il y a lieu de respecter le double des épaisseurs minimales prévues dans le tableau 8.

## 1.6 Exigences minimales relatives aux installations de ventilation

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

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

| Type d'installation   | Installation de ventilation sans filtre à pollen   | Installation de ventilation avec filtre à pollen |
|---|--|--|
| Installation de ventilation <b>décentralisée</b> et <b>centralisée</b> dans les bâtiments de la catégorie EFH                     | $q_L < 0,45 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$   | $q_L < 0,55 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$     |
| Installation de ventilation <b>décentralisée</b> dans les bâtiments de la catégorie MFH (une installation par logement)           | $q_L < 0,45 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$   | $q_L < 0,55 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$     |
| Installation de ventilation <b>centralisée</b> dans les bâtiments de la catégorie MFH (une installation pour plusieurs logements) | Limitation générale par le choix d'installations efficaces et réduction des pertes de charge dans la planification |  |

Tableau 9 - Valeur limite de la puissance absorbée spécifique des installations de ventilation

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

- une installation par unité de logement dans un EFH (ventilation classique) ;
- une installation pour plusieurs unités de logements MFH (répartition des débits volumétriques par des clapets, etc.).

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

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

Pour les installations de reprise d'air, la valeur limite pour la puissance absorbée spécifique  $q_L$  de l'installation de ventilation prévue dans le tableau 9 doit être multipliée par un facteur de 0,75.

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

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

Les gaines de ventilation d'air traité qui se trouvent à l'intérieur du bâtiment mais qui ne traversent pas la zone à desservir doivent être isolées<sup>1</sup> avec une couche d'au moins 30 mm d'épaisseur, lorsque la différence de température entre la température de l'air fourni et la température ambiante du local/de la zone<sup>2</sup> est supérieure à 4 K.

Les gaines de ventilation d'air traité posées dans une zone non chauffée doivent être isolées<sup>1</sup> avec une couche d'au moins 80 mm d'épaisseur.

Les gaines de ventilation d'air traité en contact avec l'air extérieur doivent être isolées<sup>1</sup> avec une couche d'au moins 160 mm d'épaisseur. Les puits dont l'air extérieur se trouve à l'intérieur du bâtiment doivent être traités comme des composants extérieurs du bâtiment.

Les gaines de ventilation pour la prise de l'air neuf et le rejet de l'air vicié doivent être isolées avec une couche d'au moins 80 mm d'épaisseur lorsqu'elles circulent dans l'enveloppe thermique.

Sans préjudice des prescriptions susmentionnées, il faut prendre toutes les mesures nécessaires afin d'éviter toute formation de condensation dans les conduites, les gaines ou les composants des installations.

### 1.7 Dispositifs de charge pour voitures électriques ou hybrides rechargeables

Pour les habitations EFH et les habitations MFH, les emplacements de stationnement intérieurs et extérieurs doivent être conçus et équipés de manière à pouvoir accueillir ultérieurement un dispositif de charge pour véhicules électriques ou hybrides rechargeables.

Chaque emplacement de stationnement doit disposer d'un précâblage approprié ou de deux conduits selon le concept de câblage prévu. Un de ces conduits devra pouvoir accueillir ultérieurement un câble électrique menant au tableau de distribution principal et l'autre conduit devra pouvoir accueillir un câble pour la transmission de données menant vers l'armoire de comptage ou vers l'emplacement du système de gestion de la puissance de charge.

Pour les habitations MFH, un précâblage ou un conduit supplémentaire pour la pose d'un câble pour la transmission de données est à prévoir entre le point de terminaison d'un opérateur de réseau de communication public et le tableau de distribution principal respectivement l'emplacement du système collectif de gestion intelligente de charge.

Pour les habitations MFH, un système collectif de gestion intelligente de charge doit être installé. Ce système gère l'ensemble des points de charge derrière un même point de raccordement de façon à limiter le prélèvement simultané de puissance à une valeur qui ne peut pas dépasser la capacité mise à disposition par le gestionnaire de réseau au point de raccordement et doit être capable d'intégrer un nombre de points de charge équivalent au nombre d'emplacements situés à l'intérieur ou à l'extérieur du bâtiment et doit permettre un raccordement non-discriminatoire des futurs utilisateurs.

Selon le concept de câblage choisi, le tableau de distribution principal ou, le cas échéant, les tableaux de départs individuels doivent disposer d'un espace libre afin de pouvoir accueillir ultérieurement des appareils de protection supplémentaires pour le raccordement des dispositifs de charge.

### 1.8 Dispositifs techniques pour les installations photovoltaïques

Les habitations EFH et les habitations MFH sont équipés d'un conduit pouvant accueillir ultérieurement un câblage électrique adapté pour une installation photovoltaïque

- entre chaque surface de toiture techniquement exploitable et l'endroit pouvant potentiellement accueillir les onduleurs d'une telle installation;

---

<sup>1</sup> Pour une conductivité thermique utile de 0,035 W/mK

<sup>2</sup> Température ambiante : température ambiante de consigne ou température ambiante de consigne de chauffage  $\theta_{i,n,soil}$  : conditions générales relatives aux températures selon les profils d'utilisation conformément à la norme DIN V 18599 - Partie 10

- entre l'endroit prémentionné et le tableau de distribution principal respectivement l'armoire de comptage.

### 1.9 Dispositifs de réglage

Les systèmes nécessaires au réglage des composants ci-après doivent respecter les exigences minimales suivantes:

- a) installation de production de chaleur: les installations de production de chaleur doivent être réglées en fonction de la température extérieure ou d'une autre grandeur de référence appropriée et en fonction du temps ;
- b) température ambiante: la température ambiante doit pouvoir être réglée selon le local. La température ambiante ne doit pas pouvoir être réglée selon le local, mais elle doit pouvoir être réglée par local ou par zone dans les cas suivants:
  - 1) si les locaux sont directement connectés et l'air peut facilement circuler entre les locaux ;
  - 2) si la température ambiante définie dans les locaux ne diffère pas, à condition que la classe de protection thermique soit de classe B ou meilleur ;
  - 3) pour les systèmes de chauffage de surface intégrés aux composants dans lesquels la différence de température entre la température de surface des surfaces de chauffage et la température ambiante souhaitée est  $\leq 4$  K et pour les systèmes de refroidissement de surface dans lesquels la différence de température entre la température de surface des surfaces de refroidissement et la température ambiante souhaitée est  $\leq 4$  K ;
- c) préparation d'eau chaude sanitaire: le réglage de la circulation doit pouvoir être effectué en fonction du temps et/ou des besoins. Des exceptions sont admises si des exigences plus élevées sont posées à la température minimale de fonctionnement dans le cadre d'une prévention de la légionellose ;
- d) pompes: les pompes et les dispositifs de transfert doivent être réglés en fonction du temps et/ou des besoins.

### 1.10 Dispositifs de mesure

Afin de pouvoir déterminer les données relatives à la consommation nécessaires à l'établissement du certificat de performance énergétique visé au chapitre 5.10.2 et 5.10.3, il faut prévoir les dispositifs de mesure appropriés.

## 2 EXIGENCES APPLICABLES AUX BATIMENTS D'HABITATION

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

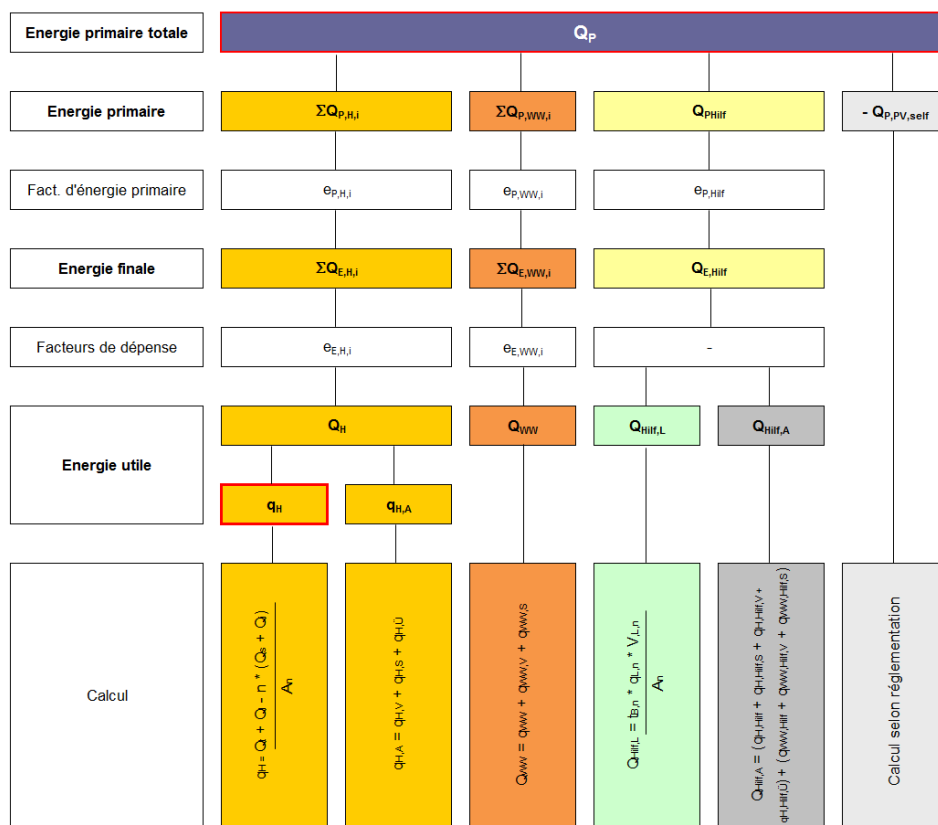


Illustration 2 - Schéma du bilan énergétique des bâtiments d'habitation

Les bâtiments d'habitation sont classés et évalués selon le tableau 27, en deux catégories, en fonction d'utilisations et d'exigences distinctes.

### Habitation MFH

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

### Habitation EFH

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

## 2.1 Valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage $q_H$

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

$$q_H \leq q_{H,max}$$

où:

|             |                      |  |
|-------------|----------------------|--|
| $q_H$       | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage visée au chapitre 5.2;          |
| $q_{H,max}$ | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur maximale du besoin spécifique en chaleur de chauffage visée au chapitre 2.3. |

## 2.2 Valeur spécifique du besoin total en énergie primaire $Q_P$

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

$$Q_P \leq Q_{P,max}$$

où:

|             |                      |   |
|-------------|----------------------|---|
| $Q_P$       | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique du besoin total en énergie primaire visée au chapitre 5.7;         |
| $Q_{P,max}$ | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur maximale du besoin spécifique en énergie primaire total visée au chapitre 2.3 |

## 2.3 Bâtiment de référence

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

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

Les exécutions de référence sont définies dans le tableau 10. Toutes les conditions générales qui n'y sont pas décrites sont appliquées dans le bâtiment de référence comme dans le bâtiment à évaluer.

Le calcul de la valeur spécifique de référence du besoin total en énergie primaire  $Q_{P,ref}$  doit être réalisé conformément aux règles du chapitre 5.7 en ce qui concerne le calcul de la valeur spécifique du besoin total en énergie primaire  $Q_P$  en utilisant les exécutions de référence visées au tableau 10. La valeur maximale du besoin spécifique en énergie primaire total  $Q_{P,max}$  correspond à la valeur spécifique de référence du besoin total en énergie primaire  $Q_{P,ref}$ .

$$Q_{P,max} = Q_{P,ref}$$

où:

|             |                      |  |
|-------------|----------------------|--|
| $Q_{P,ref}$ | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique de référence du besoin total en énergie primaire; |
| $Q_{P,max}$ | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur maximale du besoin spécifique en énergie primaire total;     |

Le calcul de la valeur spécifique de référence du besoin en chaleur de chauffage  $q_{H,ref}$  doit être réalisé conformément au chapitre 5.2 en ce qui concerne le calcul de la valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage  $q_H$  en utilisant les exécutions de référence visées au tableau 10.

La valeur maximale du besoin spécifique en chaleur de chauffage  $q_{H,max}$  correspond à la valeur spécifique de référence du besoin en chaleur de chauffage  $q_{H,ref}$ .

$$q_{H,max} = q_{H,ref}$$

où:

|             |                        |  |
|-------------|------------------------|--|
| $q_{H,ref}$ | [kWh/m <sup>2</sup> a] | est la valeur spécifique de référence du besoin en chaleur de chauffage; |
| $q_{H,max}$ | [kWh/m <sup>2</sup> a] | est la valeur maximale du besoin spécifique en chaleur de chauffage.     |

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

| N° | Système  | Propriété            | Valeur de référence pour bâtiments d'habitation neufs   |
|----|--|----------------------|---|
| 1  | Mur et fermeture horizontale inférieure du bâtiment vers climat extérieur                                | Valeur U             | 0,13 W/(m <sup>2</sup> ·K)  |
| 2  | Toit et fermeture horizontale supérieure du bâtiment vers climat extérieur                               | Valeur U             | 0,11 W/(m <sup>2</sup> ·K)  |
| 3  | Éléments de construction en contact avec le sol ou des zones non chauffées                               | Valeur U             | 0,17 W/(m <sup>2</sup> ·K)  |
| 4  | Bandes d'éclairage naturel, coupoles d'éclairage naturel   | $U_w$<br>$g_{\perp}$ | 1,00 W/(m <sup>2</sup> ·K)<br>0,50  |
| 5  | Fenêtres, portes-fenêtres et fenêtres de toit  | $U_w$<br>$g_{\perp}$ | 0,90 W/(m <sup>2</sup> ·K)<br>0,50  |
| 6  | Portes extérieures   | Valeur U             | 1,00 W/(m <sup>2</sup> ·K)  |
| 7  | Portes donnant sur des locaux non chauffés   | Valeur U             | 1,35 W/(m <sup>2</sup> ·K)  |
| 8  | Facteur de correction des ponts thermiques   | $\Delta U_{WB}$      | 0,03 W/(m <sup>2</sup> ·K)  |
| 9  | Étanchéité à l'air du bâtiment*  | $n_{50}$             | 0,6 1/h   |
| 10 | Part de la surface de référence énergétique $A_n$ ventilée par une installation de ventilation mécanique | -                    | 100 %<br>(Les locaux conditionnés du bâtiment de référence sont complètement ventilés mécaniquement. Le calcul du coefficient de déperdition de chaleur par ventilation se fait conformément au chapitre 5.2.1.5 pour le bâtiment de référence avec un rapport $\dot{V}_{L,m}/V_n$ égal au taux de renouvellement d'air neuf hygiénique minimum de 0,35 h <sup>-1</sup> .)  |
| 11 | Puissance spécifique absorbée par une installation de ventilation mécanique                              | $q_L$                | 0,40 W/(m <sup>3</sup> /h)  |
| 12 | Rendement du système de récupération de chaleur de l'installation de ventilation mécanique               | $\eta_{L,i}$         | 85 %  |
| 13 | Installation de production de chaleur  | -                    | Générateur de chaleur :<br><b>Jusqu'au 31.12.2022</b><br>Chaudière à condensation, montage à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Conduites de distribution de chaleur à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Régime de températures pour toutes les composantes: 55/45°C. Vecteur énergétique: gaz naturel<br><b>À partir du 01.01.2023</b><br>Pompe à chaleur air/eau conformément à la norme DIN V 18599-5 ; montage à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Conduites de distribution de chaleur à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Régime de températures pour toutes les composantes: 35/28°C. Vecteur énergétique: électricité. |
| 14 | Installation de production d'eau chaude sanitaire  | -                    | <b>Jusqu'au 31.12.2022</b><br>Chaudière à condensation, montage à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Conduites de distribution d'eau chaude sanitaire à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Accumulateur chauffé indirectement avec montage à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Vecteur énergétique: gaz naturel. Dans habitations MFH avec conduite de circulation sans câbles/rubans   |



|    |                                    |   |  |
|----|------------------------------------|---|--|
|    |                                    |   | <p>chauffants électriques et dans habitations EFH sans conduite de circulation.</p> <p>Installation solaire thermique pour la production d'eau chaude sanitaire avec montage de l'accumulateur à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Conduites de distribution à l'intérieur de l'enveloppe thermique</p> <p><b>A partir du 01.01.2023</b></p> <p>Pompe à chaleur air/eau conformément à la norme DIN V 18599-5, avec chauffage électrique direct 5% de l'ECS ; montage à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Conduites de distribution d'eau chaude sanitaire à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Accumulateur chauffé indirectement avec montage à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Vecteur énergétique: électricité. Dans habitations MFH avec conduite de circulation sans câbles/rubans chauffants électriques et dans habitations EFH sans conduite de circulation.</p> |
| 15 | Pompes                             | - | Pompes réglées   |
| 16 | Production électrique renouvelable | - | Pas d'installation photovoltaïque  |
| 17 | Échangeur de chaleur géothermique  | - | Pas d'échangeur de chaleur géothermique  |
| 18 | Réglage de la température          | - | Par local  |

Tableau 10 - Exécutions de référence du bâtiment de référence

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

### 3 CONTENU DU CALCUL DE PERFORMANCE ENERGETIQUE DES BATIMENTS D'HABITATION

Le calcul de performance énergétique atteste le respect des exigences minimales et des exigences relatives au besoin spécifique en énergie primaire et au besoin spécifique en énergie pour le chauffage.

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

#### 3.1 Informations générales

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

#### 3.2 Indications concernant le bâtiment

- volume conditionné brut  $V_e$  [m<sup>3</sup>] conformément au chapitre 5.1.4 ;
- surface de l'enveloppe thermique du bâtiment  $A$  [m<sup>2</sup>] conformément au chapitre 5.1.5 ;
- rapport  $A / V_e$  [1/m] conformément au chapitre 5.1.6 ;
- surface de référence énergétique  $A_n$  [m<sup>2</sup>] conformément au chapitre 5.1.2 ;
- quote-part de la surface des fenêtres  $f$  conformément au chapitre 1.2 ;
- valeur maximale du besoin spécifique en chaleur de chauffage  $q_{H,max}$  [kWh/m<sup>2</sup>a] conformément au chapitre 2.1 ;
- valeur maximale du besoin spécifique en énergie primaire totale  $Q_{P,max}$  [kWh/m<sup>2</sup>a] conformément au chapitre 2.2 ;
- puissance spécifique absorbée  $q_L$  [kWh/(m<sup>3</sup>.h)] par une installation de ventilation conformément au chapitre 1.6 ;
- liste des éléments de construction avec indication de la surface correspondante et du coefficient de transmission thermique (valeur  $U$ ) ainsi que la ou les valeurs  $g$  du ou des vitrage(s) conformément au chapitre 5.2.1.3 ;
- valeurs  $U$  de chaque élément de construction avec indication de la valeur  $\lambda$  et l'épaisseur des couches ;
- facteur de correction des ponts thermiques  $\Delta U_{wb}$  [W/(m<sup>2</sup>K)] et/ou calcul détaillé des ponts thermiques conformément au chapitre 5.2.1.4 ;
- rendement du système de récupération de chaleur en conditions d'exploitation (s'il existe)  $\eta_L$  [%] conformément au chapitre 5.2.1.5 ;
- valeur d'étanchéité à l'air du bâtiment  $n_{50}$  utilisée conformément au chapitre 1.3 ;
- capacité d'accumulation thermique effective  $C_{wirk}$  [Wh/K] conformément au chapitre 5.2.1.9 ;
- rendement annuel de l'échangeur de chaleur géothermique (s'il existe)  $\eta_{EWT}$ , conformément au chapitre 5.2.1.5 ;
- plans de construction (plans, coupe et vue des façades avec indication des niveaux respectifs d'isolation et d'étanchéité à l'air).

### 3.3 Résultats des calculs

- déperdition de chaleur mensuelle par ventilation et par transmission  $Q_{H,M}$  [kWh] conformément au chapitre 5.2.1.2;
- gains de chaleur internes mensuels  $Q_{i,M}$  [kWh] conformément au chapitre 5.2.1.7;
- gains solaires mensuels par des éléments de construction transparents  $Q_{s,M}$  [kWh] conformément au chapitre 5.2.1.8;
- taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur  $\eta_M$  [-] conformément au chapitre 5.2.1.9;
- taux de renouvellement d'air effectif (énergétiquement efficace)  $n$  [1/h] conformément au chapitre 5.2.1.5;
- valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage  $q_H = Q_H / A_n$  conformément au chapitre 5.2.1.1;
- données concernant les systèmes techniques installés, notamment :
- déperditions spécifiques de distribution  $q_{H,v}$  conformément au chapitre 5.2.2;
- déperditions spécifiques d'accumulation  $q_{H,s}$  conformément au chapitre 5.2.2;
- facteur de réduction dû au réglage  $F_g$  conformément au chapitre 5.2.1.9;
- valeur spécifique des déperditions de distribution et de circulation de l'eau chaude sanitaire  $q_{ww,v}$  conformément au chapitre 5.3.1;
- valeur spécifique des déperditions d'accumulation de l'eau chaude sanitaire  $q_{ww,s}$  conformément au chapitre 5.3.1;
- facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage,  $e_{E,H}$  conformément au chapitre 5.2.4;
- facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire  $e_{E,ww}$  conformément au chapitre 5.3.2;
- valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production de chaleur  $q_{H,Hif}$  conformément au chapitre 5.4.2;
- valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour l'accumulation de chaleur de chauffage  $q_{H,Hif,s}$  conformément au chapitre 5.4.2;
- valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la distribution de chaleur de chauffage  $q_{H,Hif,v}$  conformément au chapitre 5.4.2;
- valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la transmission de chaleur de chauffage  $q_{H,Hif,u}$  conformément au chapitre 5.4.2;
- valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production d'eau chaude sanitaire  $q_{ww,Hif}$  conformément au chapitre 5.4.2;
- valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la distribution d'eau chaude sanitaire  $q_{ww,Hif,v}$  conformément au chapitre 5.4.2;
- valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour l'accumulation d'eau chaude sanitaire  $q_{ww,Hif,s}$  conformément au chapitre 5.4.2;
- facteur de dépense en énergie primaire (production d'eau chaude sanitaire)  $e_{P,ww}$  conformément au chapitre 5.3.3;
- facteur de dépense en énergie primaire (chauffage)  $e_{P,H}$  conformément au chapitre 5.2.5;
- facteur de dépense en énergie primaire (énergie auxiliaire)  $e_{P,Hif}$  conformément au chapitre 5.4.4;
- valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations de ventilation  $Q_{Hif,L}$  conformément au chapitre 5.4.1;
- valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire des installations techniques  $Q_{Hif,A}$  conformément au chapitre 5.4.2;
- valeur spécifique du besoin en énergie primaire, chaleur de chauffage  $Q_{P,H}$  conformément au chapitre 5.2.5;
- valeur spécifique du besoin en énergie primaire, production d'eau chaude sanitaire  $Q_{P,ww}$  conformément au chapitre 5.3.3;

- valeur spécifique du besoin en énergie primaire, énergie auxiliaire  $Q_{P,Hif}$  conformément au chapitre 5.4.4;
- valeur spécifique du besoin total en énergie primaire  $Q_P$  conformément au chapitre 2.2;
- chaleur de chauffage mise à disposition par une installation de production de chaleur  $Q_H$  conformément au chapitre 5.2.3;
- valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage  $Q_{E,H}$  conformément au chapitre 5.2.4;
- valeur spécifique du besoin en énergie utile, production d'eau chaude sanitaire  $Q_{ww}$  conformément au chapitre 5.3.1;
- valeur spécifique du besoin en énergie, production d'eau chaude sanitaire  $q_{ww}$  conformément au chapitre 5.3.1;
- valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire  $Q_{E,ww}$  conformément au chapitre 5.3.2;
- taux de couverture de la production de chaleur (chaleur de chauffage)  $c_{H,i}$  conformément au chapitre 5.2.4;
- taux de couverture de la production d'eau chaude sanitaire  $c_{1-3}$  conformément au chapitre 5.3.2;
- crédit spécifique annuel en énergie primaire imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque  $Q_{P,PV,self}$  conformément au chapitre 5.6;
- crédit spécifique annuel en émissions de CO<sub>2</sub> imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installations photovoltaïque  $Q_{CO_2,PV,self}$  conformément au chapitre 5.8.4

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

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

### **4.1 Contenu du certificat de performance énergétique**

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

#### **4.1.1 Informations requises sur chaque page du certificat de performance énergétique**

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

#### **4.1.2 Informations générales**

- nom et adresse de l'expert ayant établi le certificat de performance énergétique;
- indications concernant le bâtiment, notamment:
  - catégorie de bâtiment selon le chapitre 6.1;
  - nombre de logements;
  - motif d'établissement du certificat de performance énergétique: demande de l'autorisation de construire, modification, extension, évaluation d'un bâtiment existant;
  - lieu/adresse du bâtiment;
  - date prévue pour le début des travaux;
  - année de construction de l'installation de chauffage;
  - surface de référence énergétique  $A_n$  conformément au chapitre 5.1.2.
- indication où le propriétaire ou locataire peut obtenir des informations plus détaillées, y compris en ce qui concerne la rentabilité des recommandations pour améliorer la performance énergétique du bâtiment;
- informations sur les mesures à prendre pour mettre en œuvre les recommandations pour améliorer la performance énergétique du bâtiment;
- mention « comme planifié » s'il s'agit d'un certificat de performance énergétique qui reflète la performance énergétique du bâtiment dans la phase de planification du bâtiment.
- signature de l'expert ayant établi le certificat de performance énergétique.

#### **4.1.3 Indications concernant les classes de performance**

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

#### **4.1.4 Indications concernant le besoin en chaleur de chauffage, le besoin en énergie primaire et les émissions de CO<sub>2</sub>**

- besoin annuel en énergie primaire en kWh/a;
- besoin annuel en chaleur de chauffage en kWh/a;
- émissions annuelles de CO<sub>2</sub> en t CO<sub>2</sub>/a;
- échelle du besoin en énergie primaire en kWh/m<sup>2</sup>a avec indication des classes (A+ (besoin faible) à I (besoin élevé)) et de la valeur spécifique du bâtiment concerné;
- échelle du besoin en chaleur de chauffage en kWh/m<sup>2</sup>a avec indication des classes (A+ (besoin faible) à I (besoin élevé)) et de la valeur spécifique du bâtiment concerné;

- échelle des émissions de CO<sub>2</sub> en kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>a avec indication des classes (A+ (émissions faibles) à I (émissions élevées)) et de la valeur spécifique du bâtiment concerné;
- crédit spécifique annuel en énergie primaire imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque  $Q_{P,PV, self}$  en kWh/m<sup>2</sup>a conformément au chapitre 5.6;
- crédit spécifique annuel en émissions de CO<sub>2</sub> imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installations photovoltaïque  $Q_{CO_2,PV, self}$  en kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>a conformément au chapitre 5.8.4;
- explications concernant les valeurs indiquées.

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

- description de l'installation de chauffage et de l'installation de production d'eau chaude sanitaire avec indication de toutes les données et informations importantes relatives au calcul de la performance énergétique;
- indication du vecteur énergétique relative à l'installation de production de chaleur, ainsi que de son besoin en énergie exprimé dans l'unité de livraison et/ou de facturation;
- indication si une technologie de production d'électricité a été prise en compte, ainsi que le type de technologie;
- explications concernant les valeurs indiquées.

#### **4.1.6 Indications concernant le besoin/la consommation en énergie finale**

- détermination de la consommation énergétique des installations de production de chaleur en indiquant:
  - l'année de consommation;
  - le vecteur énergétique utilisé pour chaque installation de production de chaleur;
  - la quantité consommée et l'unité de livraison et/ou de consommation relative au vecteur énergétique;
  - valeur spécifique de consommation en énergie finale en kWh/m<sup>2</sup>a pour les années de consommation prises en considération;
- valeur spécifique modifiée du besoin en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire par un système de chauffage central respectivement valeur spécifique modifiée du besoin en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire en kWh/m<sup>2</sup>a conformément au chapitre 5.10 avec indication du facteur de déviation standard moyen;
- valeur spécifique de consommation en énergie finale en kWh/m<sup>2</sup>a conformément au chapitre 5 (pour les constructions neuves, à insérer après 4 ans d'utilisation);
- nom, adresse et signature de l'expert ayant inséré la valeur spécifique de consommation en énergie finale;
- explications concernant les valeurs indiquées.

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

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

- économie réalisée des coûts énergétiques pour chacune des mesures décrites sur une période de 20 ans<sup>3</sup>;
- économie énergétique estimée des mesures décrites;
- classification du bâtiment et de ses installations techniques dans la classe de performance énergétique (A+ à I) après exécution de chacune des mesures possibles isolées;
- évaluation globale des recommandations de mesures, notamment :
  - économie énergétique globale estimée de toutes les mesures proposées en kWh/m<sup>2</sup>a (la totalité de l'économie indiquée peut être inférieure à la somme de chacune des économies énergétiques individuelles car les mesures peuvent s'influencer mutuellement);
  - économie globale réalisée sur les coûts énergétiques pour toutes les mesures sur une période de 20 ans<sup>3</sup>;
  - classification du bâtiment et de ses installations techniques dans la classe de performance énergétique (A+ à I) après exécution de toutes les mesures;
- explications des principales valeurs de cette page.

## 4.2 Répartition en classes de performance

En vue d'évaluer la qualité énergétique d'un bâtiment d'habitation, une répartition en classes de performance est réalisée. Ces classes concernent la performance énergétique totale, l'isolation thermique et les émissions de CO<sub>2</sub> d'un bâtiment d'habitation.

### 4.2.1 Classes de performance énergétique

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

| Catégories de bâtiment |     | Classe A+ | Classe A | Classe B | Classe C | Classe D | Classe E | Classe F | Classe G | Classe H | Classe I |
|------------------------|-----|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1                      | MFH | ≤ 16      | ≤ 41     | ≤ 71     | ≤ 84     | ≤ 98     | ≤ 154    | ≤ 225    | ≤ 280    | ≤ 355    | > 355    |
| 2                      | EFH | ≤ 22      | ≤ 41     | ≤ 90     | ≤ 123    | ≤ 142    | ≤ 208    | ≤ 295    | ≤ 395    | ≤ 530    | > 530    |

Illustration 3 - Classes de performance énergétique, valeurs en [kWh/m<sup>2</sup>a]

### 4.2.2 Classes d'isolation thermique

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

| Catégories de bâtiment |     | Classe A+ | Classe A | Classe B | Classe C | Classe D | Classe E | Classe F | Classe G | Classe H | Classe I |
|------------------------|-----|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1                      | MFH | ≤ 13      | ≤ 14     | ≤ 27     | ≤ 43     | ≤ 54     | ≤ 85     | ≤ 115    | ≤ 150    | ≤ 185    | > 185    |
| 2                      | EFH | ≤ 19      | ≤ 22     | ≤ 43     | ≤ 69     | ≤ 86     | ≤ 130    | ≤ 170    | ≤ 230    | ≤ 295    | > 295    |

Illustration 4 - Classes d'isolation thermique, valeurs en [kWh/m<sup>2</sup>a]

<sup>3</sup> Pour le calcul de l'économie réalisée sur les coûts énergétiques, le prix de l'énergie en €/kWh au moment de l'établissement du certificat de performance énergétique est à appliquer.

#### 4.2.3 Classes de performance environnementale

L'impact sur l'environnement est déterminé sur base de la valeur spécifique d'émissions totales de CO<sub>2</sub>, Q<sub>CO2</sub>.  
À cet effet, les classes de performance environnementale suivantes sont prises en considération :

| Catégories de bâtiment |     | Classe A+ | Classe A | Classe B | Classe C | Classe D | Classe E | Classe F | Classe G | Classe H | Classe I |
|------------------------|-----|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1                      | MFH | ≤ 5,5     | ≤ 9      | ≤ 16     | ≤ 18,5   | ≤ 21,5   | ≤ 33,5   | ≤ 49     | ≤ 77     | ≤ 97     | > 97     |
| 2                      | EFH | ≤ 6,5     | ≤ 10     | ≤ 20     | ≤ 26,5   | ≤ 31,5   | ≤ 45,5   | ≤ 65     | ≤ 107    | ≤ 144    | > 144    |

Illustration 5 - Classes de performance environnementale, valeurs en [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>a]



## 5 CALCULS

### 5.1 Calculs généraux

#### 5.1.1 Définition des types de surface d'un bâtiment

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

| Surface de plancher       |                          |                        |                         |                         |
|---------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Surface de plancher nette |                          |                        |                         | Surface de construction |
| Surface utile             |                          | Surface de Circulation | Surface d'installations |                         |
| Surface utile principale  | Surface utile secondaire |                        |                         |                         |

Tableau 11 - Répartition de la surface de plancher d'un bâtiment

##### 5.1.1.1 Surface de plancher

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

Les surfaces horizontales doivent être mesurées dans leurs dimensions réelles et les surfaces obliques en projection verticale sur un plan horizontal. Pour les cages d'escalier, les cages d'ascenseur et les gaines techniques, la surface de plancher est déterminée de la même façon comme si le plancher les traversait. Cela s'applique également aux trémies d'escalier d'une surface maximale de 5 m<sup>2</sup>. Dans les autres cas, il s'agit d'un espace qui ne fait pas partie de la surface de plancher.

##### 5.1.1.2 Surface de construction

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

##### 5.1.1.3 Surface de plancher nette

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

#### 5.1.1.4 Surface utile

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

#### 5.1.1.5 Surface utile principale

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

#### 5.1.1.6 Surface utile secondaire

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

#### 5.1.1.7 Surface de circulation

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

#### 5.1.1.8 Surface d'installations

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

### 5.1.2 Surface de référence énergétique $A_n$ en $m^2$

La surface de référence énergétique  $A_n$  correspond à la partie conditionnée (chauffée et/ou refroidie) de la surface de plancher nette à l'intérieur de l'enveloppe thermique et de l'enveloppe d'étanchéité à l'air.  $A_n$  est déterminée comme suit:

$$A_n = \sum_i A_i$$

où:

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

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

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

### 5.1.3 Volume d'air chauffé du bâtiment $V_n$ en $m^3$

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

$$V_n = A_n \cdot 2,5m$$

où :

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

### 5.1.4 Volume conditionné brut $V_e$ en $m^3$

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

### 5.1.5 Surface de l'enveloppe thermique du bâtiment A

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

La surface de l'enveloppe thermique du bâtiment est déterminée avec les dimensions extérieures en tenant compte des conditions suivantes :

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

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

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

$$A = \sum_i A_i \cdot F_{\theta,i}$$

où:

|                |       |   |
|----------------|-------|---|
| $A_i$          | $m^2$ | est la surface transmettant la chaleur pour l'élément de construction correspondant ;     |
| $F_{\theta,i}$ | -     | est le facteur de correction de la température conformément aux tableau 12 et tableau 13. |

### 5.1.6 Rapport entre la surface de l'enveloppe thermique au volume conditionné brut du bâtiment $A/V_e$ en $1/m$

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

$$A/V_e = \frac{A}{V_e}$$

où:

|       |       |  |
|-------|-------|--|
| $A$   | $m^2$ | est la surface de l'enveloppe thermique du bâtiment à déterminer conformément au chapitre 5.1.5; |
| $V_e$ | $m^3$ | est le volume conditionné brut conformément au chapitre 5.1.4.                                   |

## 5.2 Calculs relatifs à la chaleur de chauffage

### 5.2.1 Besoin en chaleur de chauffage $q_H$

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

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

$$Q_{h,M} = Q_{tL,M} - \eta_M \cdot (Q_{s,M} + Q_{i,M})$$

où:

|            |       |  |
|------------|-------|--|
| $Q_{h,M}$  | kWh/M | est le besoin mensuel en chaleur de chauffage (les valeurs numériques négatives sont prises égales à zéro) |
| $Q_{tL,M}$ | kWh/M | est la déperdition mensuelle de chaleur par ventilation et par transmission                                |
| $\eta_M$   |       | est le taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur   |
| $Q_{s,M}$  | kWh/M | sont les gains solaires mensuels par des éléments de construction transparents                             |
| $Q_{i,M}$  | kWh/M | sont les gains de chaleur internes mensuels  |

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

$$Q_h = \sum_M Q_{h,M}$$

où:

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

### 5.2.1.1 Valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage, $q_H$

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

$$q_H = \frac{Q_h}{A_n}$$

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

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

$$Q_{tL,M} = 0,024 \cdot (H_T + H_V) \cdot (\vartheta_i - \vartheta_{e,M}) \cdot t_M \cdot f_{ze}$$

où:

|                   |       |   |
|-------------------|-------|---|
| $Q_{tL,M}$        | kWh/M | est la déperdition mensuelle de chaleur par ventilation et par transmission   |
| $H_T$             | W/K   | est le coefficient de déperdition de chaleur par transmission   |
| $H_V$             | W/K   | est le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation  |
| $\vartheta_i$     | °C    | est la température intérieure moyenne (ressentie par le corps humain ; moyenne arithmétique de la température de l'air et de la température de rayonnement au centre de la zone utilisée) |
| $\vartheta_{e,M}$ | °C    | est la température extérieure moyenne par mois pour le climat de référence du Luxembourg, conformément au chapitre 6.8  |
| $t_M$             | d/M   | est le nombre de jours par mois   |
| $f_{ze}$          | -     | est le coefficient de correction pour un chauffage intermittent   |

### 5.2.1.3 Calcul du coefficient de déperdition de chaleur par transmission

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

$$H_T = \sum_i (U_i \cdot A_i \cdot F_{\vartheta,i}) + H_{WB}$$

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

$$H_{WB} = \sum_i (F_{\vartheta,i} \cdot \psi_i \cdot l_i)$$

où:

|                   |        |  |
|-------------------|--------|--|
| $F_{\vartheta,i}$ | -      | est le facteur de correction de la température du pont thermique i, conformément aux valeurs visées aux tableau 12 et tableau 13 |
| $\psi_i$          | W/(mK) | est le coefficient linéique de transmission thermique du pont thermique i (conformément à la norme EN ISO 10211)                 |
| $l_i$             | M      | est la longueur du pont thermique i  |

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

$$H_{WB} = \sum_i (A_i \cdot F_{\vartheta,i}) \cdot \Delta U_{WB}$$

où:

|                   |                      |   |
|-------------------|----------------------|---|
| $\Delta U_{WB}$   | W/(m <sup>2</sup> K) | est le facteur de correction des ponts thermiques, voir chapitre 5.2.1.4                  |
| $A_i$             | m <sup>2</sup>       | est la surface de l'élément de construction correspondant                                 |
| $H_T$             | W/K                  | est le coefficient de déperdition de chaleur par transmission                             |
| $U_i$             | W/(m <sup>2</sup> K) | est le coefficient de transmission thermique pour l'élément de construction correspondant |
| $F_{\vartheta,i}$ | -                    | est le facteur de correction de la température conformément aux tableau 12 et tableau 13  |

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

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

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

où:

|          |     |   |
|----------|-----|---|
| $H_{ue}$ | W/K | est le coefficient de déperdition de chaleur d'un local non chauffé vers l'extérieur        |
| $H_{iu}$ | W/K | est le coefficient de déperdition de chaleur entre un local chauffé et un local non chauffé |

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

En absence d'un calcul justificatif, les valeurs par défaut ci-après, visées au tableau 12, sont à appliquer.

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

Tableau 12 - Facteurs de correction de la température  $F_{s,i}$  des éléments en contact avec l'extérieur ou des locaux non chauffés

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

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

En l'absence d'un calcul justificatif, les valeurs par défaut ci-après visées au tableau 13 relatives aux coefficients de transmission thermique sont à appliquer, sans tenir compte de l'effet isolant du sol.

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

<sup>4</sup> Les éléments de construction en contact avec des zones ayant une température ambiante équivalente sont considérés sans transmission de chaleur et ne sont pas pris en considération lors de l'évaluation énergétique.

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

Tableau 13 - Facteurs de correction de la température  $F_{s,i}$  pour des locaux chauffés en contact avec le sol

où:

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

### 5.2.1.4 Ponts thermiques

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

1. prise en compte en augmentant les coefficients de transmission thermique du facteur de correction des ponts thermiques  $\Delta U_{WB}=0,10 [W/(m^2K)]$  pour l'ensemble de la surface de l'enveloppe thermique A du bâtiment ;
2. dans le respect des exemples de planification et d'exécution de catégorie A conformément à la norme DIN 4108 Feuille-2, prise en compte en augmentant les coefficients de transmission thermique du facteur de correction des ponts thermiques  $\Delta U_{WB}=0,05 [W/(m^2K)]$  pour l'ensemble de la surface de l'enveloppe thermique A du bâtiment ;
3. dans le respect des exemples de planification et d'exécution de catégorie B conformément à la norme DIN 4108 Feuille 2, prise en compte en augmentant les coefficients de transmission thermique du facteur de correction des ponts thermiques  $\Delta U_{WB}=0,03 [W/(m^2K)]$  pour l'ensemble de la surface de l'enveloppe thermique A du bâtiment ;
4. calcul des ponts thermiques conformément à la norme EN ISO 10211, selon le chapitre 5.2.1.3 ;
5. pour les bâtiments d'habitation présentant une mauvaise protection thermique sans isolation thermique intérieure ou extérieure considérable, le facteur de correction des ponts thermiques  $\Delta U_{WB}$  à prendre en considération est évalué par l'expert sur base des circonstances locales. Le facteur de correction peut être égal à 0.

Pour le calcul de la performance énergétique et le certificat de performance énergétique qui sont à remettre avec la demande d'autorisation de construire d'un bâtiment d'habitation neuf ou d'une extension d'un bâtiment d'habitation, une valeur estimative peut être prise en compte. Le calcul des ponts thermiques est à apporter lors de l'établissement du certificat de performance énergétique visé à l'article 4, paragraphe 12.

<sup>5</sup> Bord supérieur du sol jusqu'au bord inférieur du plancher



Pour les variantes 2 et 3, s'il n'existe pas dans la norme DIN 4108 Feuille 2 de principe constructif équivalent au détail réel, il faut alors prendre en compte ces ponts thermiques en supplément du forfait comme cela est prévu dans la DIN V 18599-2.

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

### 5.2.1.5 Calcul du coefficient de déperdition de chaleur par ventilation

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

$$H_V = c_{pL} \cdot V_n \cdot n$$

Pour les bâtiments sans installation de ventilation

$$n = 0,35 + n_{50} \cdot e + 0,05$$

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

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

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

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

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

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

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

avec :

$$V_r = V_n - \sum_i V_{r,L,i}$$

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

où:

|                   |        |  |
|-------------------|--------|--|
| $c_{pL}$          | Wh/m³K | est la capacité d'accumulation thermique spécifique de l'air fixée à 0,34 Wh/m³K   |
| $H_V$             | W/K    | est le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation   |
| $\dot{V}_{L,m,i}$ | m³/h   | est le volume d'air pondéré selon la durée de fonctionnement de l'installation de ventilation, avec l'indice i pour plusieurs installations, conformément au chapitre 5.4.1            |
| $V_n$             | m³     | est le volume d'air chauffé du bâtiment, conformément au chapitre 5.3.1  |
| $V_r$             | m³     | est le volume d'air d'un local qui, en tant que partie du volume d'air chauffé du bâtiment, n'est pas renouvelé par une installation de ventilation                                    |
| $V_{r,L,i}$       | m³     | est le volume d'air d'un local qui, en tant que partie du volume d'air chauffé d'un bâtiment, est renouvelé par une installation de ventilation, avec l'indice i pour plusieurs locaux |

|              |     |  |
|--------------|-----|--|
| n            | 1/h | est le taux de renouvellement d'air effectif (énergétiquement efficace)  |
| $\eta_{L,i}$ | %   | est le rendement du système de récupération de chaleur en conditions d'exploitation, avec l'indice i pour plusieurs installations; celui-ci doit correspondre à des données certifiées. Pour les installations de ventilation sans système de récupération de chaleur, telles que les installations de reprise d'air, $\eta_L = 0$   |
| $\eta_{EWT}$ | %   | est le rendement annuel de l'échangeur de chaleur géothermique. EWT standard: 0,20, EWT amélioré (> 40m): 0,30   Il est possible d'utiliser des valeurs plus précises sur présentation de résultats de calculs d'ingénieurs  |
| $n_{50}$     | 1/h | est la valeur d'étanchéité à l'air du bâtiment. Si des valeurs mesurées conformément au chapitre 1.3 sont disponibles, celles-ci peuvent être utilisées pour l'établissement du certificat de performance énergétique de bâtiments existants et en ce qui concerne les bâtiments neufs pour l'établissement du certificat de performance énergétique visé à l'article 4, paragraphe 12 |
| e            | -   | est le coefficient de la classe de protection conformément au tableau 14   |

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

Tableau 14 - Coefficient de la classe de protection e

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

#### 5.2.1.6 Chauffage intermittent

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

Pour le calcul des bâtiments d'habitation relevant des catégories 1 et 2 visées au tableau 27, il faut toujours prendre en considération l'influence exclusive d'une réduction nocturne de la température, sauf si l'installation technique ne permet pas de prévoir une telle réduction nocturne. Dans ce cas, il faut prévoir un fonctionnement continu de l'installation de chauffage dans le calcul. Le coefficient de correction  $f_{ze}$  pour la période déterminée de chauffage est défini comme suit :

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

$$f_{ze} = 1,0$$

avec exclusivement une réduction nocturne :

$$f_{ze} = 0,9 + \frac{0,1}{1 + h}$$

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

$$f_{ze} = 0,75 + \frac{0,25}{1 + h}$$

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

$$h = \frac{H_T + H_V}{A_n}$$

où:

|       |                |  |
|-------|----------------|--|
| $A_n$ | m <sup>2</sup> | est la surface de référence énergétique conformément au chapitre 5.1.2                         |
| $H_T$ | W/K            | est le coefficient de déperdition de chaleur par transmission conformément au chapitre 5.2.1.3 |
| $H_V$ | W/K            | est le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation conformément au chapitre 5.2.1.5  |

### 5.2.1.7 Calcul des gains de chaleur internes mensuels

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

où:

|           |                  |   |
|-----------|------------------|---|
| $Q_{i,M}$ | kWh/M            | sont les gains de chaleur internes mensuels   |
| $q_{i,M}$ | W/m <sup>2</sup> | est la valeur spécifique moyenne des gains de chaleur internes conformément au chapitre 6.2, tableau 28 |
| $A_n$     | m <sup>2</sup>   | est la surface de référence énergétique conformément au chapitre 5.1.2                                  |
| $T_M$     | d/M              | est le nombre de jours du mois  |

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

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

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

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

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

où:

|             |                      |  |
|-------------|----------------------|--|
| $T_M$       | d/M                  | est le nombre de jours du mois   |
| $Q_{s,M}$   | kWh/M                | sont les gains solaires mensuels; déterminés selon 9 orientations (4 orientations cardinales, 4 orientations intermédiaires et l'horizontale) et puis additionnés                  |
| $A_i$       | m <sup>2</sup>       | est la surface vitrée de chaque fenêtre (dimensions brutes (gros œuvre))   |
| $g_{\perp}$ | -                    | est le facteur de transmission énergétique totale d'une fenêtre (valeurs par défaut conformément au tableau 15)  |
| $F_{h,i}$   | -                    | est le facteur d'ombrage partiel d'une fenêtre dû à des constructions avoisinantes et au paysage conformément au tableau 17  |
| $F_{0,i}$   | -                    | est le facteur d'ombrage partiel d'une fenêtre dû à des éléments en surplomb horizontales conformément au tableau 18   |
| $F_{f,i}$   | -                    | est le facteur d'ombrage partiel d'une fenêtre dû à des éléments en surplomb latérales conformément au tableau 19  |
| $F_{w,i}$   | -                    | est le facteur de réduction dû à une incidence non verticale du rayonnement conformément au tableau 16   |
| $F_{V,i}$   | -                    | est le facteur d'encrassement d'une fenêtre conformément au tableau 16   |
| $F_{G,i}$   | -                    | est la quote-part vitrée d'une fenêtre $i$ par rapport aux dimensions brutes (gros œuvre), la valeur standard est 0,7  |
| $I_{S,M,r}$ | W/(m <sup>2</sup> M) | est l'intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire en fonction de l'orientation $r$ de la surface (climat de référence du Luxembourg) conformément au tableau 60 |

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

$$I_{S,M,x} = \sqrt{I_{S,M,r1} \cdot I_{S,M,r2}}$$

où:

$I_{S,M,x,i}$  - est le rayonnement solaire sur une surface intermédiaire ;  
 $I_{S,M,r,1}$  et  $I_{S,M,r,2}$  - sont le rayonnement solaire sur l'orientation cardinale/intermédiaire la plus proche ;

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

| Élément de construction transparent                      | Valeurs standard <sup>1)</sup> du facteur de transmission énergétique totale $g_L$ |
|--|--|
| Vitrage simple   | 0,87   |
| Vitrage double ou deux vitres séparées                   | 0,75   |
| Vitrage isolant, vitrage double avec revêtement sélectif | 0,60 à 0,70  |
| Vitrage triple avec revêtement sélectif                  | 0,40 à 0,60  |
| Vitrage de protection solaire                            | 0,20 à 0,50  |

Tableau 15 - Valeurs standard du facteur de transmission énergétique totale  $g_L$

L'utilisation de valeurs exactes, conformes à une norme européenne en vigueur ou à des indications certifiées du fabricant, est admise et souhaitée. Dans le cas contraire, il faut utiliser les valeurs standards fixées dans le tableau 15. En cas d'indication de fourchettes de valeurs, la valeur entre parenthèses correspond à la valeur standard à appliquer.

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

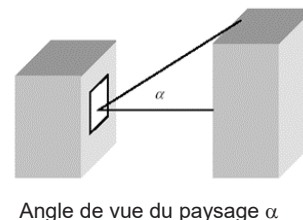
Tableau 16 - Facteur de réduction dû à une incidence non verticale du rayonnement  $F_{W,i}$  et facteur d'encrassement  $F_{V,i}$

#### 5.2.1.8.1 Facteur d'ombrage partiel dû à des constructions avoisinantes et au paysage

Le facteur d'ombrage dû à des constructions avoisinantes et au paysage peut être déterminé par fenêtre ou par façade. Dans le cas d'une détermination par façade, l'angle de vue du paysage est déterminé par rapport au centre de la façade. Il faut prendre en considération les constructions effectivement existantes au moment du calcul et, dans le cas de projets comprenant plusieurs bâtiments, l'ombre projetée par les autres bâtiments du projet.

| Angle de vue du paysage $\alpha$ | Facteur d'ombrage partiel dû à des constructions avoisinantes et au paysage |           |      |
|----------------------------------|---|-----------|------|
|                                  | Sud   | Est/ouest | Nord |
| 0°                               | 1,00  | 1,00      | 1,00 |
| 10°                              | 0,96  | 0,94      | 1,00 |
| 20°                              | 0,78  | 0,79      | 0,97 |
| 30°                              | 0,56  | 0,67      | 0,93 |
| 40°                              | 0,43  | 0,59      | 0,90 |

Tableau 17 - Facteur d'ombrage partiel dû à des constructions avoisinantes et au paysage  $F_{h,i}$



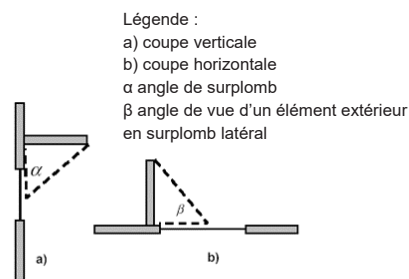
Angle de vue du paysage  $\alpha$

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

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

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

Tableau 18 - Facteur d'ombrage partiel dû à des éléments en surplomb horizontal  $F_{0j}$



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

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

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

Tableau 19 - Facteur d'ombrage partiel dû à des éléments en surplomb latéral  $F_{li}$

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

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

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

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

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

$$\gamma_M = \frac{Q_{s,M} + Q_{i,M}}{Q_{tL,M}}$$

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

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

$$\text{Si } \gamma_M = 1 \quad \eta_{0M} = \frac{a}{a + 1}$$

$$\alpha = 1 + \frac{\tau}{15}$$

$$\tau = \frac{C_{wirik}}{H_T + H_V}$$

où:

|             |                |   |
|-------------|----------------|---|
| $\eta_M$    | -              | le taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur  |
| $\eta_{0M}$ | -              | est le taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur sans tenir compte de la transmission thermique au local avec un réglage optimal des températures ambiantes |
| $\gamma_M$  | -              | est le rapport mensuel entre les apports et les déperditions totales en chaleur   |
| $A$         | -              | est un paramètre numérique  |
| $Q_{s,M}$   | kWh/M          | sont les gains solaires mensuels par des éléments de construction transparents  |
| $Q_{i,M}$   | kWh/M          | sont gains de chaleur internes mensuels   |
| $Q_{b,M}$   | kWh/M          | est la déperdition de chaleur mensuelle par ventilation et par transmission   |
| $\tau$      | h              | est l'inertie thermique du bâtiment   |
| $H_T$       | W/K            | est le coefficient de déperdition de chaleur par transmission   |
| $H_V$       | W/K            | est le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation  |
| $C_{wirik}$ | Wh/K           | est la capacité d'accumulation thermique effective  |
|             |                | $C_{wirik} = 15 V_e$ pour des constructions légères (constructions en bois);  |
|             |                | $C_{wirik} = 30 V_e$ pour des constructions moyennement lourdes (constructions mixtes en bois et en dur);   |
|             |                | $C_{wirik} = 50 V_e$ pour des constructions lourdes (éléments de constructions extérieurs et intérieurs massifs);   |
| $V_e$       | m <sup>3</sup> | volume conditionné brut $V_e$ du bâtiment   |
| $F_g$       | -              | facteur de réduction dû au réglage  |

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

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

Tableau 20 – Facteur de réduction dû au réglage  $F_g$

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

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

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

$$q_{H,A} = q_{H,V} + q_{H,S}$$

où :

|           |                      |   |
|-----------|----------------------|---|
| $q_{H,V}$ | kWh/m <sup>2</sup> a | sont les déperditions spécifiques de distribution de chaleur conformément au chapitre 6.3.1.3 |
| $q_{H,S}$ | kWh/m <sup>2</sup> a | sont les déperditions spécifiques d'accumulation de chaleur conformément au chapitre 6.3.1.4. |

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

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

$$Q_H = q_H + q_{H,A}$$

où:

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

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

La valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage  $Q_{E,H}$  est calculée à partir de la chaleur de chauffage mise à disposition par une installation de production de chaleur  $Q_H$  conformément au chapitre 5.2.3, du facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage  $e_{E,H}$  conformément au chapitre 6.3.2 ainsi que du taux de couverture  $c_H$  de la production de chaleur de chauffage, visé au chapitre 6.3.1.1, à l'aide de la formule suivante:

$$Q_{E,H} = \sum_i Q_{E,H,i}$$

$$Q_{E,H,i} = Q_H \cdot e_{E,H,i} \cdot c_{H,i}$$

où:

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

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

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

$$Q_{P,H} = \sum_i Q_{P,H,i}$$

$$Q_{P,H,i} = Q_{E,H,i} \cdot e_{P,H,i}$$

où:

|             |                      |  |
|-------------|----------------------|--|
| $Q_{P,H,i}$ | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique du besoin en énergie primaire, chaleur de chauffage avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur   |
| $Q_{E,H,i}$ | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, pour l'installation de production de chaleur avec la part correspondante de l'énergie annuelle, conformément au chapitre 5.2.4 |
| $e_{P,H,i}$ | -                    | est le facteur de dépense en énergie primaire (chaleur de chauffage) pour chaque type de production de chaleur, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, conformément au chapitre 6.5.   |

### 5.3 Calculs relatifs à l'eau chaude sanitaire

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

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

$$Q_{ww} = q_{ww} + q_{ww,v} + q_{ww,s}$$

où:

|            |                      |  |
|------------|----------------------|--|
| $q_{ww}$   | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique du besoin en énergie, production d'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 6.2, tableau 28            |
| $q_{ww,v}$ | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique des déperditions de distribution et de circulation de l'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 6.3.2 |
| $q_{ww,s}$ | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique des déperditions d'accumulation de l'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 6.3.2.4.                 |

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

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

$$Q_{E,WW} = \sum_i Q_{E,WW,i}$$

avec :

$$Q_{E,WW,i} = Q_{ww} \cdot c_{WW,i} \cdot e_{E,WW,i}$$

où :

|              |                      |   |
|--------------|----------------------|---|
| $Q_{E,WW,i}$ | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur   |
| $Q_{ww}$     | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique du besoin en énergie utile, production d'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 5.3.1   |
| $c_{WW,i=1}$ | -                    | est le taux de couverture de la production de chaleur par une installation solaire thermique (production d'eau chaude sanitaire) conformément au chapitre 6.3.2.1   |
| $c_{WW,i=2}$ | -                    | est le taux de couverture de la production de chaleur par une installation de chauffage de base (production d'eau chaude sanitaire) conformément au chapitre 6.3.2.1  |
| $c_{WW,i=3}$ | -                    | est le taux de couverture de la production de chaleur par un système de chauffage d'appoint (production d'eau chaude sanitaire) conformément au chapitre 6.3.2.1  |
| $e_{E,WW,i}$ | -                    | est le facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire pour chaque type de production de chaleur, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, conformément au chapitre 6.3.2.2. |

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

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

$$Q_{P,WW} = \sum_i Q_{P,WW,i}$$



avec :

$$Q_{P,WW,i} = Q_{E,WW,i} \cdot e_{P,WW,i}$$

où :

|              |                      |   |
|--------------|----------------------|---|
| $Q_{P,WW,i}$ | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique du besoin en énergie primaire, production d'eau chaude sanitaire avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur   |
| $Q_{E,WW,i}$ | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, conformément au chapitre 5.3.2                                       |
| $e_{P,WW,i}$ | -                    | est le facteur de dépense en énergie primaire (production d'eau chaude sanitaire) pour chaque type de production de chaleur, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, conformément au chapitre 6.3.2. |

## 5.4 Calculs relatifs au besoin en énergie des auxiliaires

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

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

$$Q_{Hilf,L} = \frac{t_B \cdot 10^{-3} \cdot \sum_i (q_{L,i} \cdot \dot{V}_{L,m,i})}{A_n}$$

avec:

$$\dot{V}_{L,m} = \frac{\sum_i V_{r,L,i} \cdot (n_H \cdot t_{B,H} + n_N \cdot t_{B,N})}{24}$$

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

$$\dot{V}_{L,m} = \frac{\sum_i V_{r,L,i} \cdot \left( \frac{\dot{V}_L}{\sum_i \dot{V}_{r,L,i}} \cdot t_{B,H} + n_N \cdot t_{B,N} \right)}{24}$$

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

où:

|             |                   |  |
|-------------|-------------------|--|
| $t_B$       | H                 | est le nombre d'heures de fonctionnement par an d'une l'installation de ventilation avec 4.440 h/a, où $t_B = t_H \cdot 24$  |
| $t_{B,H}$   | h/d               | est la durée de fonctionnement à pleine charge pendant la durée de fonctionnement; la valeur standard est 24 h/d; pour un débit d'air connu, la valeur usuelle est 14 h/d                          |
| $t_{B,N}$   | h/d               | est la durée de fonctionnement à charge partielle pendant la durée de fonctionnement; la valeur standard est 0 h/d; pour un débit d'air connu, la valeur usuelle est 10 h/d                        |
| $t_H$       | d/a               | est la durée de la période de chauffage; d'après le présent règlement, la période de chauffage est de 185 d/a  |
| $n_H$       | h <sup>-1</sup>   | est le taux de renouvellement de l'air moyen d'une installation de ventilation pendant le fonctionnement à pleine charge lors de la période de chauffage; valeur minimale 0,35 h <sup>-1</sup>     |
| $n_N$       | h <sup>-1</sup>   | est le taux de renouvellement de l'air moyen d'une installation de ventilation pendant le fonctionnement à charge partielle lors de la période de chauffage; valeur minimale: 0,35 h <sup>-1</sup> |
| $q_{L,i}$   |                   | est la puissance spécifique absorbée par une installation de ventilation avec l'indice i pour plusieurs installations, conformément au chapitre 1.6  |
| $V_n$       | m <sup>3</sup>    | est le volume d'air chauffé d'un bâtiment  |
| $\dot{V}_L$ | m <sup>3</sup> /h | est le débit d'air d'une installation de ventilation   |
| $V_{r,L,i}$ | m <sup>3</sup>    | est le volume d'air d'un local, qui en tant que partie du volume d'air chauffé du bâtiment, est renouvelé par une installation de ventilation avec l'indice i pour plusieurs locaux                |

$\dot{V}_{L,m,i}$  m<sup>3</sup>/h est le débit d'air pondéré selon la durée de fonctionnement de l'installation de ventilation avec l'indice i pour plusieurs installations

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

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

$$Q_{Hif,A} = \sum_i (q_{H,Hif,i} \cdot c_{H,i}) + q_{H,Hif,V} + q_{H,Hif,S} + q_{H,Hif,U} + \sum_i (q_{WW,Hif,i} \cdot c_{WW,i}) + q_{WW,Hif,V} + q_{WW,Hif,S}$$

où:

|                |  |
|----------------|--|
| $q_{H,Hif,i}$  | est la valeur spécifique du besoin spécifique en énergie auxiliaire pour la production de chaleur de chauffage conformément au chapitre 6.3.1.2, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur ; |
| $c_{H,i}$      | est le taux de couverture de la production de chaleur de chauffage avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, conformément au chapitre 6.3.1.1 ;   |
| $q_{H,Hif,V}$  | est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la distribution de chaleur de chauffage conformément au chapitre 6.3.1.3;  |
| $q_{H,Hif,S}$  | est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour l'accumulation de chaleur de chauffage conformément au chapitre 6.3.1.4 ;  |
| $q_{H,Hif,U}$  | est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la transmission de chaleur de chauffage conformément au chapitre 6.3.1.5 ;   |
| $q_{WW,Hif,i}$ | est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, production d'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 6.3.2.2, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur ;                    |
| $q_{WW,Hif,V}$ | est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, distribution d'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 6.3.2.3 ;   |
| $q_{WW,Hif,S}$ | est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, accumulation d'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 6.3.2.4.  |

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

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

$$Q_{E,Hif} = Q_{Hif,L} + Q_{Hif,A}$$

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

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

$$Q_{P,Hif} = Q_{E,Hif} \cdot e_{P,Hif}$$

### 5.5 Établissement du bilan énergétique d'une installation photovoltaïque

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

$$Q_{E,PV,M} = Q_{E,PV} \cdot f_{w,M}$$

où:

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

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

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

où:

|               |                   |   |
|---------------|-------------------|---|
| $I_{S,M,r,i}$ | W/m <sup>2</sup>  | est l'intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire total sur une surface horizontale (climat de référence Luxembourg) pendant le mois i conformément au tableau 60; |
| $t_{M,i}$     | d/M               | est le nombre de jours du mois i;   |
| $P_{PV}$      | kW                | est la puissance de crête que l'installation photovoltaïque fournit en conditions de test standard (STC);   |
| $f_{sys}$     | -                 | est le facteur de performance du système, valeurs standard conformément au tableau 21;  |
| $f_{a/s}$     | -                 | est le facteur d'ajustement pour la prise en considération de l'inclinaison et de l'orientation de l'installation photovoltaïque conformément au tableau 22;                          |
| $I_{S,ref}$   | kW/m <sup>2</sup> | est l'intensité énergétique de référence du rayonnement solaire avec 1 kW/m <sup>2</sup> .  |

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

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

où:

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

Le facteur d'ajustement mensuel du rayonnement incident de l'installation photovoltaïque  $f_{\omega,M}$  est dépendant de l'orientation et de l'inclinaison de l'installation photovoltaïque. Il est déterminé d'une manière simplifiée à partir de la formule suivante en prenant en compte les données climatiques du tableau 60:

$$f_{\omega,M} = I_{0,S,M} + \frac{I_{90,S,M} - I_{0,S,M}}{90} \cdot \omega$$

où:

|              |                  |  |
|--------------|------------------|--|
| $I_{0,S,M}$  | W/m <sup>2</sup> | est l'intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire total sur une surface horizontale (0°) (climat de référence Luxembourg) conformément au tableau 60; |
| $I_{90,S,M}$ | W/m <sup>2</sup> | est l'intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire total sur une surface verticale (90°) (climat de référence Luxembourg) conformément au tableau 60;  |
| $\omega$     | °                | est l'inclinaison de l'installation photovoltaïque.  |

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

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

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

Tableau 21 - Facteurs de performance du système  $f_{sys}$ 

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

| Inclinaison | Orientation |            |       |           |      |         |      |          |
|-------------|-------------|------------|-------|-----------|------|---------|------|----------|
|             | Nord        | Nord-ouest | Ouest | Sud-ouest | Sud  | Sud-est | Est  | Nord-est |
|             | 180         | 135        | 90    | 45        | 0    | -45     | -90  | -135     |
| 0           | 1,00        | 1,00       | 1,00  | 1,00      | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00     |
| 10          | 0,91        | 0,93       | 0,99  | 1,04      | 1,07 | 1,05    | 1,00 | 0,94     |
| 20          | 0,81        | 0,85       | 0,96  | 1,07      | 1,11 | 1,08    | 0,98 | 0,87     |
| 30          | 0,70        | 0,77       | 0,93  | 1,07      | 1,13 | 1,09    | 0,96 | 0,79     |
| 40          | 0,60        | 0,69       | 0,90  | 1,06      | 1,12 | 1,07    | 0,93 | 0,72     |
| 50          | 0,50        | 0,62       | 0,85  | 1,02      | 1,09 | 1,04    | 0,89 | 0,66     |
| 60          | 0,43        | 0,57       | 0,80  | 0,97      | 1,03 | 0,99    | 0,83 | 0,60     |
| 70          | 0,38        | 0,52       | 0,74  | 0,90      | 0,95 | 0,92    | 0,77 | 0,55     |
| 80          | 0,35        | 0,47       | 0,67  | 0,82      | 0,85 | 0,83    | 0,71 | 0,49     |
| 90          | 0,32        | 0,42       | 0,60  | 0,72      | 0,73 | 0,73    | 0,63 | 0,44     |

Tableau 22 - Facteurs d'ajustement  $f_{a/s}$  pour la prise en considération de l'inclinaison et de l'orientation de l'installation photovoltaïque

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

## 5.6 Autoconsommation de l'électricité produite par une installation photovoltaïque

Le bilan énergétique d'une installation photovoltaïque s'opère conformément au chapitre 5.5 qui fournit la production mensuelle d'électricité d'une installation photovoltaïque  $Q_{E,PV,M}$ . Uniquement l'électricité produite par une installation photovoltaïque qui peut être autoconsommée par les installations techniques destinées au conditionnement du bâtiment (chauffage, ventilation et auxiliaires) est imputable au bâtiment. À cette fin, les installations photovoltaïques situées sur l'enveloppe extérieure du bâtiment, respectivement sur des constructions annexes au bâtiment peuvent être prises en compte. Pour déterminer le besoin mensuel en électricité produite par une installation photovoltaïque qui peut être autoconsommé, il est notamment nécessaire de procéder à une répartition du besoin mensuel en électricité des installations techniques du bâtiment dans les périodes présentant un rayonnement solaire  $Q_{E,M,el,day}$  et dans les périodes ne présentant pas de rayonnement solaire  $Q_{E,M,el,night}$ . Cette répartition du besoin en électricité s'opère d'après la formule suivante :

$$Q_{E,M,el,day} = Q_{E,M,el} \cdot \frac{t_{IG,day}}{24}$$

où:

|                  |       |  |
|------------------|-------|--|
| $Q_{E,M,el,day}$ | kWh/M | est le besoin mensuel en électricité des installations techniques du bâtiment dans les périodes présentant un rayonnement solaire; |
| $Q_{E,M,el}$     | kWh/M | est le besoin mensuel en électricité des installations techniques du bâtiment imputable;   |
| $t_{IG,day}$     | -     | est le facteur d'ajustement pour les périodes présentant un rayonnement solaire;   |

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

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

où:

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

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

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

0

où:

|             |   |  |
|-------------|---|--|
| $f_{PV,WE}$ | - | est le facteur de puissance de l'installation photovoltaïque en fonction du nombre de logements pour la production d'eau chaude sanitaire par un chauffe-eau instantané; |
|-------------|---|--|

$n_{WE}$  - est le nombre de logements;  
 $Q_{E,Bat}$  kWh est la capacité du système de stockage d'électricité.

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

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

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

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

$$f_{1,M} = \frac{t_M}{365}, \quad f_{2,M} = \frac{Q_{h,M}}{Q_h}$$

où:

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

Dans le cas d'installations existantes, dont la détermination du besoin en chaleur de chauffage est réalisée selon la méthodologie simplifiée conformément au chapitre 5.9, tous les besoins en énergie auxiliaire ( $Q_{Hif,H}$  et  $Q_{Hif,WW}$  conformément au chapitre 5.9.7) sont à répartir en fonction du nombre de jours par mois moyennant le facteur d'ajustement  $f_{1,M}$ .

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

Tableau 23 - Facteurs d'ajustement  $t_{G,day}$  pour les périodes présentant un rayonnement solaire

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

$$Q_{E,PV,self,M} = \min \left[ \begin{matrix} Q_{E,PV,M} \\ Q_{E,M,el,day} \end{matrix} \right]$$

où:

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

Systèmes de stockage d'électricité

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

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

où:

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

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

$$Q_{E,PV,self,a} = \sum_i Q_{E,PV,self,M,i} + \sum_i Q_{E,PV,Bat,M,i}$$

où:

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

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

$$Q_{P,PV,self} = \frac{Q_{E,PV,self,a} \cdot e_{P,PV}}{A_n}$$

où:

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

**5.7 Valeur spécifique du besoin total en énergie primaire  $Q_P$** 

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

$$Q_P = Q_{P,H} + Q_{P,WW} + Q_{P,Hilf} - Q_{P,PV,self}$$

où:

|              |                      |  |
|--------------|----------------------|--|
| $Q_P$        | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique du besoin total en énergie primaire;                              |
| $Q_{P,H}$    | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique du besoin en énergie primaire, chaleur de chauffage;              |
| $Q_{P,WW}$   | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique du besoin en énergie primaire, production d'eau chaude sanitaire; |
| $Q_{P,Hilf}$ | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique du besoin en énergie primaire, énergie auxiliaire;                |

$Q_{P,PV,self}$  kWh/m<sup>2</sup>a est le crédit spécifique annuel en énergie primaire imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque.

## 5.8 Émissions de CO<sub>2</sub>

Pour les bâtiments d'habitation, les impacts sur l'environnement sous la forme d'émissions de CO<sub>2</sub> doivent être calculés. Les résultats des calculs du chapitre 5 sont à utiliser.

### 5.8.1 Valeur spécifique d'émissions de CO<sub>2</sub>, chaleur de chauffage $Q_{CO_2,H}$

La valeur spécifique d'émissions de CO<sub>2</sub>, chaleur de chauffage  $Q_{CO_2,H}$  est déterminée d'après la formule suivante:

$$Q_{CO_2,H} = \sum_i (Q_{E,H,i} \cdot e_{CO_2,H,i})$$

où:

$Q_{E,H,i}$  kWh/m<sup>2</sup>a est la valeur spécifique du besoin en énergie finale, chaleur de chauffage pour chaque type de production de chaleur, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, à déterminer selon chaque cas conformément au chapitre 5.2.4 ou au chapitre 5.9.5

$e_{CO_2,H,i}$  kgCO<sub>2</sub>/kWh est le facteur environnemental (chaleur de chauffage) pour chaque type de production de chaleur, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, conformément au chapitre 6.6.

### 5.8.2 Valeur spécifique d'émissions de CO<sub>2</sub>, production d'eau chaude sanitaire $Q_{CO_2,WW}$

La valeur spécifique d'émissions de CO<sub>2</sub>, production d'eau chaude sanitaire  $Q_{CO_2,WW}$  est déterminée d'après la formule suivante:

$$Q_{CO_2,WW} = \sum_i (Q_{E,WW,i} \cdot e_{CO_2,WW,i})$$

où:

$Q_{E,WW,i}$  kWh/m<sup>2</sup>a est la valeur spécifique du besoin en énergie finale, production d'eau chaude sanitaire, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, à déterminer selon chaque cas conformément au chapitre 5.3.2 ou au chapitre 5.9.6

$e_{CO_2,WW,i}$  kgCO<sub>2</sub>/kWh est le facteur environnemental (eau chaude sanitaire) pour chaque type de production de chaleur, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur, conformément au chapitre 6.6.

### 5.8.3 Valeur spécifique d'émissions de CO<sub>2</sub>, énergie auxiliaire $Q_{CO_2,Hilf}$

La valeur spécifique d'émissions de CO<sub>2</sub>, énergie auxiliaire  $Q_{CO_2,Hilf}$  est déterminée d'après la formule suivante:

$$Q_{CO_2,Hilf} = Q_{E,Hilf} \cdot e_{CO_2,Hilf}$$

où:

$Q_{E,Hilf}$  kWh/m<sup>2</sup>a est la valeur spécifique du besoin en énergie finale, énergie auxiliaire, conformément au chapitre 5.4.3. Pour les bâtiments existants, on peut déterminer de manière simplifiée  $Q_{Hilf,A}$  conformément au chapitre 5.9.7

$e_{CO_2,Hilf}$  kgCO<sub>2</sub>/kWh est le facteur environnemental (énergie auxiliaire) pour chaque type de production de chaleur, avec l'indice i pour plusieurs installations de production de chaleur conformément au chapitre 6.6.

### 5.8.4 Crédit spécifique annuel en émissions de CO<sub>2</sub> imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque, $Q_{CO_2,PV,self}$

Le crédit spécifique annuel en émissions de CO<sub>2</sub> imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque  $Q_{CO_2,PV,self}$  est déterminé selon la formule suivante:



$$Q_{CO_2,PV,self} = \frac{Q_{E,PV,self,a} \cdot e_{CO_2,PV}}{A_n}$$

où:

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

### 5.8.5 Valeur spécifique d'émissions totales de CO<sub>2</sub>, $Q_{CO_2}$

La valeur spécifique d'émissions totales de CO<sub>2</sub>,  $Q_{CO_2}$  d'un bâtiment est déterminée à l'aide de la formule suivante:

$$Q_{CO_2} = Q_{CO_2,H} + Q_{CO_2,WW} + Q_{CO_2,Hilf} - Q_{CO_2,PV,self}$$

où:

|                    |                  |   |
|--------------------|------------------|---|
| $Q_{CO_2,H}$       | $kg_{CO_2}/m^2a$ | est la valeur spécifique d'émissions de CO <sub>2</sub> , chaleur de chauffage conformément au chapitre 5.8.1   |
| $Q_{CO_2,WW}$      | $kg_{CO_2}/m^2a$ | est la valeur spécifique d'émissions de CO <sub>2</sub> , production d'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 5.8.2  |
| $Q_{CO_2,Hilf}$    | $kg_{CO_2}/m^2a$ | est la valeur spécifique d'émissions de CO <sub>2</sub> , énergie auxiliaire conformément au chapitre 5.8.3   |
| $Q_{CO_2}$         | $kg_{CO_2}/m^2a$ | est la valeur spécifique d'émissions totales de CO <sub>2</sub>   |
| $Q_{CO_2,PV,self}$ | $kg_{CO_2}/m^2a$ | est le crédit spécifique annuel en émissions de CO <sub>2</sub> imputable obtenu grâce à la production d'électricité d'une installation photovoltaïque calculé conformément au chapitre 5.8.4 |

## 5.9 Particularités concernant les bâtiments existants

En principe, il convient de réunir des données aussi précises que possible concernant le bâtiment et les installations techniques. Dans le cas de bâtiments existants, y compris leurs installations, il n'est pas raisonnablement possible de réunir les données nécessaires à l'évaluation ; les méthodes simplifiées prévues aux chapitres ci-après peuvent être utilisées. L'évaluation du besoin en chaleur de chauffage est réalisée de la même manière que pour les constructions neuves conformément au chapitre 5.2.1.

### 5.9.1 Détermination simplifiée de la surface de référence énergétique

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

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

$$A_{OG,n} = A_{OG} \cdot \frac{V_{e,OG}}{V_{e,OG-1}}$$

$$\frac{V_{e,OG}}{V_{e,OG-1}} \leq 1,0$$

où:

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

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

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

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

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

$$A_n = A_{GF} \cdot 0,85$$

où:

$A_n$                     m<sup>2</sup>                    est la surface de référence énergétique  
 $A_{GF}$                    m<sup>2</sup>                    est la surface de plancher

### 5.9.2 Détermination simplifiée des déperditions de chaleur par transmission

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

$$\Delta U_{WB} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$$

### 5.9.3 Détermination simplifiée des déperditions de chaleur par ventilation

Les déperditions de chaleur par ventilation dans les bâtiments existants sont calculées conformément au chapitre 5.2.1.5. Pour les bâtiments existants, lorsqu'il n'existe aucune valeur mesurée d'étanchéité à l'air conformément au chapitre 1.3, il faut utiliser, comme valeurs indicatives, les valeurs d'étanchéité à l'air  $n_{50}$  conformément au tableau suivant :

| Type de bâtiment (bâtiments existants uniquement) |  | $n_{50}$ valeur indicative [1/h] |
|---|--|----------------------------------|
| 1   | Bâtiment existant – non étanche          | ≈ 8,0                            |
| 2   | Bâtiment existant – peu étanche          | ≈ 6,0                            |
| 3   | Bâtiment existant – étanche              | ≈ 4,0                            |
| 4   | Bâtiment existant – rénové partiellement | ≈ 3,0                            |
| 5   | Bâtiment existant – rénové               | ≈ 2,0                            |

Tableau 24 - Valeurs indicatives pour  $n_{50}$  – valeurs pour bâtiments existants

Dans les bâtiments existants d'une année de construction récente, il est possible d'utiliser des meilleures valeurs, conformément au tableau 7. La classification des bâtiments dans les différentes catégories relève de la responsabilité de l'expert.

### 5.9.4 Détermination simplifiée des facteurs d'ombrage

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

$F_{h,i}$                     -                    Facteur d'ombrage partiel des fenêtres dû à des constructions avoisinantes et au paysage  
 $F_{o,i}$                     -                    Facteur d'ombrage partiel des fenêtres dû à des éléments en surplomb horizontaux  
 $F_{l,i}$                     -                    Facteur d'ombrage partiel des fenêtres dû à des éléments en surplomb latéraux

| Facteur d'ombrage partiel des fenêtres dû à des constructions avoisinantes et au paysage $F_{h,i}$ |      | Facteur d'ombrage partiel des fenêtres dû à des éléments en surplomb horizontaux $F_{0,i}$ |      | Facteur d'ombrage partiel des fenêtres dû à des éléments en surplomb latéraux $F_{f,i}$ |      |
|--|------|--|------|---|------|
| Emplacement dégagé<br>Horizon 15° ou moins   | 0,95 | Surplomb horizontal<br>< 0,3 m   | 0,95 | Surplomb latéral<br>< 0,3 m   | 0,95 |
| Emplacement protégé<br>Horizon ~20°  | 0,80 | Surplomb horizontal<br>0,3 – 1,0 m   | 0,80 | Surplomb latéral<br>0,3 – 1,0 m   | 0,90 |
| Environnement urbain<br>Horizon ~25°   | 0,70 | Surplomb horizontal<br>1,0 – 2,0 m   | 0,70 | Surplomb latéral<br>1,0 – 2,0 m   | 0,80 |
| Constructions denses<br>Horizon 30° ou plus  | 0,60 | Surplomb horizontal<br>> 2,0 m   | 0,60 | Surplomb latéral<br>> 2,0 m   | 0,75 |

Tableau 25 - Détermination simplifiée des facteurs d'ombrage  $F_{h,i}$ ,  $F_{0,i}$ ,  $F_{f,i}$  pour les bâtiments existants

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

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

$$Q_{E,H} = q_H \cdot e_{E,H}$$

où:

|           |                      |   |
|-----------|----------------------|---|
| $q_H$     | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage conformément au chapitre 5.2.1.1 et aux simplifications générales du chapitre 5.9                          |
| $e_{E,H}$ | -                    | est le facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage, y comprises la distribution, l'accumulation et la transmission, conformément au chapitre 6.4.1. |

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

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

$$Q_{E,WW} = q_{WW} \cdot e_{E,WW}$$

où:

|            |                      |  |
|------------|----------------------|--|
| $q_{WW}$   | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique du besoin en énergie utile, production d'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 6.2, tableau 28                                      |
| $e_{E,WW}$ | -                    | est le facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire, y comprises l'accumulation, la distribution et la transmission, conformément au chapitre 6.4.2. |

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

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

$$Q_{Hilf,A} = Q_{Hilf,H} + Q_{Hilf,WW}$$

où:

|               |                      |  |
|---------------|----------------------|--|
| $Q_{Hilf,H}$  | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production de chaleur, y comprises la distribution, l'accumulation et la transmission conformément au chapitre 6.4.1              |
| $Q_{Hilf,WW}$ | kWh/m <sup>2</sup> a | est la valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production d'eau chaude sanitaire, y comprises la distribution, l'accumulation et la transmission conformément au chapitre 6.4.2. |

### 5.9.8 Détermination simplifiée des valeurs U et des valeurs g des éléments de construction

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

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

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

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

#### 5.10.1 Consommation énergétique moyenne $q_{V,m}$

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

$$q_{V,m} = \frac{\sum_i q_{V,H,i} \cdot f_{Klima} + \sum_i q_{V,WW,i}}{n}$$

avec :

$$q_{V,i} = V_i \cdot e_i$$

où:

|              |         |   |
|--------------|---------|---|
| $q_{V,m}$    | kWh/a   | est la consommation énergétique moyenne;  |
| $q_{V,H,i}$  | kWh/a   | est la consommation énergétique au cours de l'année de référence i tributaire des conditions météorologiques;               |
| $f_{Klima}$  | -       | est le facteur de correction climatique annuel pour la chaleur de chauffage;  |
| $q_{V,WW,i}$ | kWh/a   | est la consommation énergétique au cours de l'année de référence i indépendante des conditions météorologiques;             |
| n            | -       | est le nombre d'années;   |
| $q_{V,i}$    | kWh/a   | est la consommation énergétique au cours de l'année de référence i;   |
| $V_i$        | Unité/a | est la consommation énergétique annuelle d'un vecteur énergétique en fonction de l'unité de consommation ou de facturation; |
| $e_i$        | -       | est le pouvoir calorifique du vecteur énergétique utilisé pour l'année i conformément au tableau 59.                        |

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

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

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

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

Tableau 26 - Valeurs forfaitaires de consommation énergétique moyenne

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

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

$$V_i = \frac{V_s}{F_{s,i}}$$

où:

|           |   |
|-----------|---|
| $V_i$     | est la consommation énergétique en fonction du pouvoir calorifique inférieur  |
| $V_s$     | est la consommation énergétique en fonction du pouvoir calorifique supérieur  |
| $F_{s,i}$ | est le facteur de conversion du pouvoir calorifique supérieur en pouvoir calorifique inférieur d'un vecteur énergétique, conformément au tableau 59 |

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

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

$$Q_{E,V,H,WW} = \frac{q_{V,m}}{A_n}$$

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

$$Q_{E,B,H,WW} = Q_{E,H} + Q_{E,WW}$$

où:

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

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

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

où:

|                  |                        |  |
|------------------|------------------------|--|
| $Q_{E,B,H,WW}^*$ | [kWh/m <sup>2</sup> a] | est la valeur spécifique modifiée du besoin en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire par un système de chauffage central;  |
| $\beta_0$        | -                      | est un coefficient de régression = 2,42185740;   |
| $\beta_1$        | -                      | est un coefficient de régression = 0,47645404;   |
| $Q_{E,B,H,WW}$   | kWh/m <sup>2</sup> a   | est la valeur spécifique du besoin en énergie finale pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire par un système de chauffage central;   |
| $\beta_2$        | -                      | est un coefficient de régression = 0,02946239;   |
| $n_{WE}$         | -                      | est le nombre de logements;  |
| $\beta_3$        | -                      | est un coefficient de régression = -0,00034947;  |
| $A_n$            | m <sup>2</sup>         | est la surface de référence énergétique calculée conformément au chapitre 5.1.2;   |
| $\beta_4$        | -                      | est un coefficient de régression = -0,01462978;  |
| $n_{50}$         | 1/h                    | est la valeur d'étanchéité à l'air du bâtiment;  |
| $\beta_5$        | -                      | est un coefficient de régression = 0,15538768;   |
| $A/V_e$          | m <sup>-1</sup>        | est le rapport entre la surface de l'enveloppe thermique d'un bâtiment au volume conditionné brut du bâtiment (le rapport $A/V_e$ tient compte des facteurs de correction de la température);  |
| $\beta_6$        | -                      | est un coefficient de régression = -0,04736075;  |
| $f_{WW,d,e}$     | -                      | est le facteur de production électrique décentralisée d'eau chaude sanitaire;<br>$f_{WW,d,e} = 1$ si présence d'une production électrique décentralisée d'eau chaude sanitaire;<br>$f_{WW,d,e} = 0$ si absence d'une production électrique décentralisée d'eau chaude sanitaire. |

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

$$Q_{E,V,H,WW} \approx Q_{E,B,H,WW}^* \pm \Delta Q_{E,B,H,WW}^*$$

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

$$\Delta Q_{E,B,H,WW}^* = Q_{E,B,H,WW}^* \cdot 0,32$$

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

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

$$Q_{E,V,H} = \frac{q_{V,m}}{A_n}$$

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

$$Q_{E,B,H} = Q_{E,H}$$

où:

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

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

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

où:

|               |                        |  |
|---------------|------------------------|--|
| $Q^*_{E,B,H}$ | kWh/m <sup>2</sup> a   | est la valeur spécifique modifiée du besoin en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire;   |
| $\beta_0$     | -                      | est un coefficient de régression = 2,42185740;   |
| $\beta_1$     | -                      | est un coefficient de régression = 0,47645404;   |
| $Q_{E,B,H}$   | [kWh/m <sup>2</sup> a] | est la valeur spécifique du besoin en énergie finale pour la production centrale de chaleur de chauffage et la production décentralisée d'eau chaude sanitaire;  |
| $\beta_2$     | -                      | est un coefficient de régression = 0,02946239;   |
| $n_{WE}$      | -                      | est le nombre de logements;  |
| $\beta_3$     | -                      | est un coefficient de régression = -0,00034947;  |
| $A_n$         | m <sup>2</sup>         | est la surface de référence énergétique calculée conformément au chapitre 5.1.2;   |
| $\beta_4$     | -                      | est un coefficient de régression = -0,01462978;  |
| $n_{50}$      | 1/h                    | est la valeur d'étanchéité à l'air du bâtiment;  |
| $\beta_5$     | -                      | est un coefficient de régression = 0,15538768;   |
| $A/V_e$       | m <sup>-1</sup>        | est le rapport entre la surface de l'enveloppe thermique d'un bâtiment au volume conditionné brut du bâtiment (le rapport $A/V_e$ tient compte des facteurs de correction de la température);  |
| $\beta_6$     | -                      | est un coefficient de régression = -0,04736075;  |
| $f_{WW,d,e}$  | -                      | est le facteur de production électrique décentralisée d'eau chaude sanitaire;<br>$f_{WW,d,e} = 1$ si présence d'une production électrique décentralisée d'eau chaude sanitaire;<br>$f_{WW,d,e} = 0$ si absence d'une production électrique décentralisée d'eau chaude sanitaire. |

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

$$Q_{E,V,H} \approx Q^*_{E,B,H} \pm \Delta Q^*_{E,B,H}$$

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

$$\Delta Q^*_{E,B,H} = Q^*_{E,B,H} \cdot 0,32$$

## 6 TABLEAUX

### 6.1 Catégories de bâtiment

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

Tableau 27 - Catégories de bâtiment

### 6.2 Paramètres d'utilisation standard

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

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

Tableau 28 - Paramètres d'utilisation standard

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

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

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

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

#### 6.3.1 Chaleur de chauffage

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

##### 6.3.1.1 Taux de couverture de la production de chaleur $c_H$

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



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

Tableau 29 - Taux de couverture de la production de chaleur

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

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

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

Tableau 30 - Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage, chaudières, partie 1

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

Tableau 31 - Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage, chaudières, partie 2

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

| Facteur de dépense $e_H$ pour d'autres systèmes                               |                               |                              |   |
|---|-------------------------------|------------------------------|---|
| Installation de production d'énergie  | Température de chauffage (°C) | Facteur de dépense $e_H$ (-) | Besoin spécifique en énergie auxiliaire pour la production de chaleur de chauffage $q_{H,Hinf}$ (kWh/m²a) |
| Autres systèmes   |                               |                              |   |
| Chauffage à bûches <sup>1)</sup>  | 70/55                         | 1,75                         | $15,89 \cdot A_n^{-0,96}$   |
| Chauffage à pellets à dégagement thermique directe et indirecte <sup>1)</sup> | 70/55                         | 1,48                         | $4,72 \cdot A_n^{-0,105}$   |
| Chauffage à pellets uniquement à dégagement thermique directe <sup>1)</sup>   | 70/55                         | 1,38                         | $4,88 \cdot A_n^{-0,103}$   |
| Installation thermique solaire  | Toutes                        | 0,00                         | 0,00 <sup>4)</sup>  |
| PCCE décentralisée  | Toutes                        | 1,00                         | 0,00  |
| Pompes à chaleur électriques  |                               |                              |   |
| Eau/eau   | 55/45                         | 0,23                         | $3,2 \cdot A_n^{-0,10}$   |
|   | 35/28                         | 0,19                         |   |
| Sol/eau   | 55/45                         | 0,27                         | $1,9 \cdot A_n^{-0,10}$   |
|   | 35/28                         | 0,23                         |   |
| Air/eau   | 55/45                         | 0,37                         | 0,00  |
|   | 35/28                         | 0,30                         |   |
| Air vicié/eau (sans récupération de chaleur)                                  | 55/45                         | 0,30                         | 0,00 <sup>2)</sup>  |
|   | 35/28                         | 0,24                         |   |
| Pompe à chaleur amenée d'air/air vicié (avec récupération de chaleur)         | Toutes                        | 0,34 <sup>3)</sup>           | 0,00  |
| Glace/eau (avec accumulateur de glace solaire) <sup>5)</sup>                  | 55/45                         | 0,27                         | $1,9 \cdot A_n^{-0,10}$   |
|   | 35/28                         | 0,23                         |   |
| Sol/eau (à détente directe)   | 55/45                         | 0,27                         | 0,00  |
|   | 35/28                         | 0,23                         |   |
| Sol/eau (avec sonde CO2)  | 55/45                         | 0,27                         | 0,00  |
|   | 35/28                         | 0,23                         |   |
| Chauffage électrique  |                               |                              |   |
| Chauffage direct  | Toutes                        | 1,00                         | 0,00  |

|  |                |              |                         |
|--|----------------|--------------|-------------------------|
| Chauffage à accumulation                         | Toutes         | 1,00         | 0,00                    |
| Chauffage urbain                                 | Toutes         | 1,01         | 0,00                    |
| Pompes à chaleur au gaz                          |                |              |                         |
| Eau/eau  | 55/45<br>35/28 | 0,54<br>0,46 | $3,2 \cdot A_n^{-0,10}$ |
| Sol/eau  | 55/45<br>35/28 | 0,61<br>0,54 | $1,9 \cdot A_n^{-0,10}$ |
| Air/eau  | 55/45<br>35/28 | 0,77<br>0,66 | 0,00                    |
| Glace/eau (avec accumulateur de glace solaire)5) | 55/45<br>35/28 | 0,61<br>0,54 | $1,9 \cdot A_n^{-0,10}$ |
| Sol/eau (à détente directe)                      | 55/45<br>35/28 | 0,61<br>0,54 | 0,00                    |
| Sol/eau (avec sonde CO2)                         | 55/45<br>35/28 | 0,61<br>0,54 | 0,00                    |
| Pile à combustible                               | Toutes         | 1,00         | 0,00                    |

Tableau 32 - Facteur de dépense pour la production d'énergie, autres systèmes, partie 3

1. Les facteurs de dépense sont valables pour l'utilisation commune du chauffage et de la production d'eau chaude sanitaire. Si la production d'eau chaude sanitaire est effectuée autrement, il faut utiliser les mêmes valeurs indiquées dans les tableaux. Dans le cas du chauffage à pellets, le besoin en énergie auxiliaire pour l'acheminement est compris.
2. Dans la mesure où une puissance augmentée de l'équipement de ventilation a déjà été prise en considération au chapitre 5.4.1.
3. Cette valeur est valable uniquement lorsque la pompe à chaleur se situe par rapport au courant d'air derrière l'échangeur de chaleur de l'équipement de ventilation. Les autres configurations doivent être réalisées conformément à la norme DIN 4701. En cas d'utilisation d'une pompe à chaleur amenée d'air/air vicié comme seul système de chauffage, il faut veiller à ce que la livraison en chaleur soit limitée par un tel système. Elle doit être connectée directement au renouvellement d'air du bâtiment prescrit et ne peut donc pas être augmentée à volonté.
4. Le besoin en énergie auxiliaire d'une installation solaire thermique avec  $q_{H,Hiff} = 0$  est valable pour un système combiné avec production d'eau chaude sanitaire et appoint de chauffage. Dans ce cas, le besoin en énergie auxiliaire requis est attribué au système de production d'eau chaude sanitaire. Les autres systèmes combinés doivent être évalués conformément à la norme DIN 4701.
5. Exigences minimales à respecter par le système glace/eau pour pouvoir utiliser les valeurs indiquées dans le tableau 32:

$$P_{tot} = (H_T + H_V + H_{WB}) \cdot 0,032$$

$$A_{coll,sol} = 1,5 \cdot P_{tot}$$

$$V_{acc} = 50 \cdot P_{tot}$$

où:

|                |                |  |
|----------------|----------------|--|
| $P_{tot}$      | kW             | est la puissance thermique installée de la pompe à chaleur                       |
| $A_{coll,sol}$ | m <sup>2</sup> | est la surface brute installée des collecteurs solaires                          |
| $V_{acc}$      | l              | est le volume de l'accumulateur de glace   |
| $H_T$          | W/K            | est le coefficient de déperdition de chaleur par transmission                    |
| $H_V$          | W/K            | est le coefficient de déperdition de chaleur par ventilation                     |
| $H_{WB}$       | W/K            | est le coefficient de déperdition de chaleur dû à des ponts thermiques linéaires |

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

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

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

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

Tableau 33 - Déperditions spécifiques de distribution en fonction de la surface, à l'extérieur de l'enveloppe thermique

| Distribution horizontale à l'intérieur de l'enveloppe thermique, $q_{H,V}$ en kWh/m <sup>2</sup> a |   |         |         |         |   |         |         |         |                               |
|--|---|---------|---------|---------|---|---------|---------|---------|-------------------------------|
| $A_n$ (m <sup>2</sup> )  | chaudière à eau chaude<br>conduites à l'extérieur |         |         |         | chaudière à eau chaude<br>conduites à l'intérieur |         |         |         | chauffage par<br>amenée d'air |
|  | 90/70°C   | 70/55°C | 55/45°C | 35/28°C | 90/70°C   | 70/55°C | 55/45°C | 35/28°C | Toutes                        |
| ≤100   | 4,30  | 3,10    | 2,20    | 0,80    | 4,10  | 2,90    | 2,10    | 0,70    | 1,10                          |
| 150  | 3,80  | 2,70    | 1,90    | 0,70    | 3,60  | 2,50    | 1,80    | 0,60    | 1,00                          |
| 200  | 3,50  | 2,50    | 1,70    | 0,60    | 3,30  | 2,30    | 1,60    | 0,60    | 0,90                          |
| 300  | 3,20  | 2,20    | 1,60    | 0,60    | 3,00  | 2,10    | 1,50    | 0,50    | 0,80                          |
| 500  | 2,90  | 2,10    | 1,50    | 0,50    | 2,80  | 2,00    | 1,40    | 0,50    | 0,70                          |
| 750  | 2,80  | 2,00    | 1,40    | 0,50    | 2,70  | 1,90    | 1,30    | 0,50    | 0,70                          |
| 1.000  | 2,80  | 2,00    | 1,40    | 0,50    | 2,60  | 1,80    | 1,30    | 0,50    | 0,70                          |
| 1.500  | 2,70  | 1,90    | 1,30    | 0,50    | 2,50  | 1,80    | 1,30    | 0,40    | 0,70                          |
| 2.500  | 2,70  | 1,90    | 1,30    | 0,50    | 2,50  | 1,80    | 1,20    | 0,40    | 0,70                          |
| 5.000  | 2,60  | 1,90    | 1,30    | 0,50    | 2,50  | 1,70    | 1,20    | 0,40    | 0,70                          |
| ≥10.000  | 2,60  | 1,80    | 1,30    | 0,50    | 2,40  | 1,70    | 1,20    | 0,40    | 0,70                          |

Tableau 34 - Déperditions spécifiques de distribution en fonction de la surface, à l'intérieur de l'enveloppe thermique

Les valeurs calculées en fonction de la surface du besoin en énergie auxiliaire pour la distribution de la chaleur de chauffage  $q_{H,Hilf,V}$  est à reprendre du tableau 35. Le besoin en énergie auxiliaire est classé, pour différents étalements de dimensionnement, en fonction de la surface de référence énergétique et d'autres grandeurs caractéristiques. La distribution représente le réseau de conduites du niveau de distribution (plan horizontal), des conduites (plan vertical) et des tuyaux de raccordement.

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

Tableau 35 - Valeurs calculées en fonction de la surface du besoin en énergie auxiliaire pour la distribution de la chaleur de chauffage

- 1) Si les températures de dimensionnement (p. ex. installations de chauffage à distance) dévient, il faut utiliser les valeurs pour l'étalement de température immédiatement inférieur reporté dans le tableau 34.
- 2) Les installations de chauffage équipées de surfaces chauffantes intégrées doivent être calculées indépendamment de l'étalement de température, généralement comme un circuit de chauffage 35/28 °C avec un étalement de 7 K.
- 3) Le besoin en énergie auxiliaire pour la distribution d'air d'un chauffage à amener d'air doit être pris en considération dans le calcul du besoin spécifique en énergie auxiliaire des installations de ventilation. Il est, pour cette étape de la méthode de calcul, pris égal à zéro ( $q_{H,Hilf,V} = 0,0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ).

#### Systèmes décentralisés

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

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

Les valeurs calculées en fonction de la surface de la dépense pour l'accumulation (p. ex. accumulateur tampon pour des pompes à chaleur, installations de chauffage à pellets et PCCE)  $q_{H,S}$  sont indiquées dans le tableau 36 pour différents emplacements de montage et différentes températures de système en fonction de la surface de référence énergétique  $A_n$ . Le besoin en énergie auxiliaire pour l'accumulation de chaleur de chauffage  $q_{H,Hilf,S}$  en kWh/m²a peut être repris de la dernière colonne du tableau 36.

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

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

Tableau 36 - Déperditions spécifiques d'accumulation et besoin spécifique en énergie auxiliaire pour l'accumulation de chaleur de chauffage

Pour les accumulateurs tampons qui sont exploités en combinaison avec des **installations de production de chaleur à partir de biomasse**, les valeurs relatives aux déperditions spécifiques d'accumulation indiquées dans le tableau 36 doivent être multipliées par le **facteur 2,6**. Dans ce cas, les valeurs relatives au besoin en énergie auxiliaire peuvent être reprises.

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

Le besoin spécifique en énergie auxiliaire pour la transmission de chaleur de chauffage  $q_{H,HIIIF,U}$  doit être pris égal à 0 kWh/m<sup>2</sup>a dans la mesure où aucune autre installation supplémentaire n'est utilisée pour la transmission de chaleur dans le local (p. ex. ventilateurs pour le brassage de l'air, commande de moteurs électriques de fenêtres destinés à la ventilation, etc.). Pour les systèmes dotés de ventilateurs pour le brassage de l'air qui ne sont pas pris en considération dans le besoin en énergie auxiliaire, il faut prendre  $q_{H,HIIIF,U} = 0,5$  kWh/m<sup>2</sup>a.

### 6.3.2 Production d'eau chaude sanitaire

La méthode permet de calculer le besoin nécessaire au chauffage de l'eau chaude sanitaire jusqu'aux équipements sanitaires d'un bâtiment. En outre, le calcul des câbles/rubans chauffants électriques est possible. Les déperditions de transmission d'eau chaude sanitaire à l'utilisateur ainsi que le besoin correspondant en énergie auxiliaire sont pris égaux à 0 kWh/m<sup>2</sup>a dans la présente méthode de calcul.

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

Si l'eau chaude sanitaire est chauffée par plusieurs installations de production de chaleur, il faut déterminer le taux de couverture des différents systèmes à l'aide des tableaux ci-après. Pour les systèmes qui ne sont pas mentionnés dans les tableaux, il faut établir le taux de couverture à l'aide d'une autre méthode de calcul et le documenter. Les taux de couverture des installations solaires pour le chauffage d'eau chaude sanitaire sont calculés à partir d'installations munies de capteurs solaires plans et d'un accumulateur chauffé indirectement. L'utilisation de capteurs solaires à tubes donne des taux de couverture équivalents, étant donné que la surface des capteurs solaires prise en compte est plus petite conformément au tableau 37.

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

Tableau 37 - Taux de couverture de la production de chaleur par une installation solaire thermique (production d'eau chaude sanitaire), partie 1

| Taux de couverture de la production de chaleur<br>par une installation de chauffage de base (production d'eau chaude sanitaire) $C_{ww,2}$  |                                   |
|---|-----------------------------------|
| Type d'installation de production   | Taux de couverture $C_e$          |
| Chaudière à gaz/fioul   | 1,00                              |
| Chauffage urbain  | 1,00                              |
| PCCE décentralisée  | 1,00                              |
| Pompe à chaleur électrique/au gaz pour le chauffage (sans chauffage électrique complémentaire)  | 1,00                              |
| Pompe à chaleur électrique/au gaz pour le chauffage (avec chauffage électrique complémentaire)  | 0,95                              |
| Pompe à chaleur électrique air vicié/eau chaude<br>Pompe à chaleur électrique air vicié/amenée d'air/eau chaude avec ou sans échangeur de chaleur (fonctionnement en combinaison avec une installation de ventilation centrale) | 0,95                              |
| Pompe à chaleur électrique air/eau chaude (mise en place à l'extérieur de l'enveloppe thermique du bâtiment avec l'air de la cave)  | 0,95 <sup>6</sup>                 |
| Chauffe-eau électrique de jour (au centre de l'habitation)  | 1,00                              |
| Chauffe-eau instantané sans petit chauffe-eau décentralisé  | 1,00                              |
| Chauffe-eau instantané avec petit chauffe-eau décentralisé  | 1,00                              |
| Pile à combustible  | 1,00                              |
| Taux de couverture du chauffage de base   | $C_{ww,2} = (1 - C_{ww,1}) * C_e$ |

Tableau 38 - Taux de couverture de la production d'eau chaude sanitaire avec des systèmes de chauffage d'eau chaude sanitaire combinés, partie 2

<sup>6</sup> La valeur de 0,95 ne peut être utilisée que lorsque la surface de plancher de la cave représente 10% ou plus de la surface de référence énergétique  $A_n$ . Dans tous les autres cas, un calcul conformément à la norme DIN V 4701-10 est à réaliser.

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

Tableau 39 - Taux de couverture de la production d'eau chaude sanitaire avec des systèmes de chauffage d'eau chaude sanitaire combinés, partie 3

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

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

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

Tableau 40 - Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire  $e_{ww}$  par une chaudière, partie 1

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

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

Tableau 41 - Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, production d'eau chaude sanitaire  $q_{ww,Hilf}$



| Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire $e_{WW}$ |                             |   |
|---|-----------------------------|---|
| Installation de production d'énergie                                  | Facteur de dépense $e_{WW}$ | Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, production d'eau chaude sanitaire $q_{WW,HIF}$ en kWh/m <sup>2</sup> a |
| Chauffage urbain  | 1,14                        | 0,40  |
| Chauffe-eau à gaz   | 1,22                        | 0,00  |
| Chauffage à bûches  | 1,75                        | Compris dans les besoins en énergie des auxiliaires pour la production de chaleur de chauffage                            |
| Chauffage à pellets à dégagement thermique direct et indirect         | 1,48                        | Compris dans les besoins en énergie des auxiliaires pour la production de chaleur de chauffage                            |
| Chauffage à pellets uniquement à dégagement thermique indirect        | 1,38                        | Compris dans les besoins en énergie des auxiliaires pour la production de chaleur de chauffage                            |
| Chauffage solaire de l'eau chaude sanitaire <sup>1)</sup>             | 0,00                        | $(52,5 + 0,0875 \cdot A_n) \cdot (A_n \cdot c_{WW,i})$  |
| Chauffage électrique  | 1,00                        | 0,00  |
| Chauffe-eau instantané  | 1,00                        | 0,00  |
| Cogénération décentralisée  | 1,00                        | 0,00  |
| <b>Pompe à chaleur électrique pour le chauffage</b>                   |                             |   |
| Eau/eau   | 0,23                        | $0,8 \cdot A_n^{-0,1}$  |
| Sol/eau   | 0,27                        | $0,5 \cdot A_n^{-0,1}$  |
| Air/eau   | 0,37                        | 0,00  |
| Air vicié/eau   | 0,30                        | 0,00  |
| Pompe à chaleur amenée d'air/air vicié (avec récupération de chaleur) | 0,34                        | 0,00  |
| Glace/eau (avec accumulateur de glace solaire <sup>3)</sup> )         | 0,27                        | $0,5 \cdot A_n^{-0,10}$   |
| Sol/eau (à détente directe)   | 0,27                        | 0,00  |
| Sol/eau (géothermique avec sonde CO <sub>2</sub> )                    | 0,27                        | 0,00  |
| <b>Pompe à chaleur pour production d'eau chaude sanitaire</b>         |                             |   |
| Air vicié   | 0,26                        | 0,00  |
| Air vicié/amenée d'air sans échangeur de chaleur <sup>2)</sup>        | 0,26                        | 0,00  |
| Air vicié/amenée d'air avec échangeur de chaleur, $\eta_{WRG}=0,6$    | 0,29                        | 0,00  |
| Air vicié/amenée d'air avec échangeur de chaleur, $\eta_{WRG}=0,8$    | 0,31                        | 0,00  |
| Air de la cave  | 0,33                        | 0,00  |
| <b>Pompe à chaleur au gaz</b>   |                             |   |
| Eau/eau   | 0,54                        | $0,8 \cdot A_n^{-0,10}$   |
| Sol/eau   | 0,61                        | $0,5 \cdot A_n^{-0,10}$   |
| Air/eau   | 0,77                        | 0,00  |
| Glace/eau (avec accumulateur de glace solaire <sup>3)</sup> )         | 0,61                        | $0,5 \cdot A_n^{-0,10}$   |
| Sol/eau (à détente directe)   | 0,61                        | 0,00  |
| Sol/eau (géothermique avec sonde CO <sub>2</sub> )                    | 0,61                        | 0,00  |
| Pile à combustible  | 1,00                        | 0,00  |

Tableau 42 - Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire  $e_{WW}$ , partie 2

1. Le besoin en énergie auxiliaire pour le chauffage solaire de l'eau chaude sanitaire est calculé en fonction du taux de couverture  $c_{ww,i}$  et peut être utilisé pour les taux de couverture selon le chapitre 6.3.2.1, tableau 37. Pour tout autre taux de couverture divergeant fondamentalement, le besoin en énergie auxiliaire doit être déterminé conformément à la norme DIN V 4701-10.
2. Dans ce cas, l'échangeur de chaleur correspond à l'échangeur de chaleur de l'installation de ventilation.

Exigences minimales à respecter par le système glace/eau pour pouvoir utiliser les valeurs indiquées dans le tableau 42:

$$P_{\text{tot}} = (H_T + H_V + H_{WB}) \cdot 0,032$$

$$A_{\text{coll.sol}} = 1,5 \cdot P_{\text{tot}}$$

$$V_{\text{acc}} = 50 \cdot P_{\text{tot}}$$

Si la surface installée brute des collecteurs solaires dépasse le ratio de 1,5 m<sup>2</sup> par kW de puissance thermique de la pompe à chaleur, cette surface supplémentaire peut être considérée comme une installation solaire thermique pour la production de l'eau chaude sanitaire, à côté de la pompe à chaleur, conformément au tableau 37.

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

Les valeurs calculées en fonction de la surface des déperditions de chaleur de distribution de la production centrale de l'eau chaude sanitaire  $q_{ww,v}$  peuvent être obtenues à partir des tableaux ci-après. La déperdition de chaleur des conduites dépend de l'emplacement de celles-ci (à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enveloppe thermique). Les conduites de distribution sont des conduites horizontales, qui en règle générale, relient les conduites verticales (descentes). Lorsque la production de l'eau chaude sanitaire a lieu dans un local non chauffé et que les conduites horizontales passent directement dans l'enveloppe thermique (longueur des conduites : 10 m au maximum), alors la distribution des conduites est à considérer située à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Les systèmes centraux sans conduite de circulation ne peuvent être considérés jusqu'à une surface de référence énergétique de 500 m<sup>2</sup> au maximum.

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

| Valeur spécifique des déperditions de distribution et de circulation de l'eau chaude sanitaire $q_{ww,v}$ (kWh/m <sup>2</sup> a) |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
|  | Avec circulation                       |   | Sans circulation                       |  |
| $A_n$ (m <sup>2</sup> )  | À l'extérieur de l'enveloppe thermique | À l'intérieur de l'enveloppe thermique <sup>7</sup> | À l'extérieur de l'enveloppe thermique | À l'intérieur de l'enveloppe thermique |
| ≤100   | 12,90                                  | 6,70  | 5,70                                   | 2,80                                   |
| 150  | 9,90                                   | 5,40  | 4,40                                   | 2,30                                   |
| 200  | 8,30                                   | 4,80  | 3,70                                   | 2,10                                   |
| 300  | 6,90                                   | 4,20  | 3,00                                   | 1,80                                   |
| 500  | 5,70                                   | 3,80  | 2,40                                   | 1,70                                   |
| 750  | 5,10                                   | 3,60  | /                                      | /                                      |
| 1.000  | 4,80                                   | 3,60  | /                                      | /                                      |
| 1.500  | 4,70                                   | 3,50  | /                                      | /                                      |
| 2.500  | 4,40                                   | 3,50  | /                                      | /                                      |

<sup>7</sup> Conduites ne se trouvant pas dans des gaines ventilées.

|         |      |      |   |   |
|---------|------|------|---|---|
| 5.000   | 4,30 | 3,50 | / | / |
| ≥10.000 | 4,30 | 3,50 | / | / |

Tableau 43 - Valeurs spécifiques des déperditions de distribution et de circulation de l'eau chaude sanitaire pour les systèmes centraux

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

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

Tableau 44 - Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, distribution d'eau chaude sanitaire

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

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

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

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

Tableau 45 - Valeurs spécifiques des déperditions de distribution et de circulation de l'eau chaude sanitaire pour les systèmes décentralisés

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

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

La valeur spécifique des déperditions d'accumulation de l'eau chaude sanitaire  $q_{ww,s}$  est indiquée dans les tableaux ci-après en fonction de la surface en kWh/m<sup>2</sup>a.

| Valeur spécifique des déperditions d'accumulation de l'eau chaude sanitaire $q_{ww,s}$ (kWh/m <sup>2</sup> a) |   |   |   |  |                            |   |
|---|---|---|---|--|----------------------------|---|
| À l'intérieur de l'enveloppe thermique  |   |   |   |  |                            |   |
| $A_n$ (m <sup>2</sup> )   | Ballon d'eau chaude chauffé indirectement | Chauffage électrique à accumulation de nuit | Chauffage électrique à accumulation de jour | 1 petit réservoir électrique pour 80m <sup>2</sup> | Accumulateur solaire mixte | Réservoir d'eau chaude sanitaire chauffé au gaz |
| ≤100  | 2,90                                      | 2,50  | 1,60  | 0,70   | 1,90                       | 9,80  |
| 150   | 2,20                                      | 2,00  | 1,30  | 0,70   | 1,40                       | 8,30  |
| 200   | 1,70                                      | 1,80  | 1,00  | 0,70   | 1,10                       | 7,40  |
| 300   | 1,30                                      | 1,40  | 0,80  | 0,70   | 0,80                       | 6,10  |
| 500   | 0,80                                      | 1,10  | 0,70  | 0,70   | 0,80                       | 5,50  |
| 750   | 0,60                                      | 1,00  | 0,60  | 0,70   | 0,60                       | 4,90  |
| 1.000   | 0,50                                      | 0,90  | 0,40  | 0,70   | 0,50                       | 4,70  |
| 1.500   | 0,40                                      | 0,80  | 0,40  | 0,70   | 0,40                       | 4,00  |
| 2.500   | 0,40                                      | 0,70  | 0,30  | 0,70   | 0,40                       | 3,30  |
| 5.000   | 0,30                                      | 0,50  | 0,30  | 0,70   | 0,30                       | 2,70  |
| ≥10.000   | 0,20                                      | 0,50  | 0,20  | 0,70   | 0,20                       | 2,30  |

Tableau 46 - Valeurs spécifiques des déperditions d'accumulation de l'eau chaude sanitaire  $q_{ww,s}$  à l'intérieur de l'enveloppe thermique

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

Tableau 47 - Valeurs spécifiques des déperditions d'accumulation de l'eau chaude sanitaire  $q_{ww,S}$  à l'extérieur de l'enveloppe thermique

Le besoin en **énergie auxiliaire**  $q_{ww,Hif,S}$  pour les systèmes mentionnés ci-dessus sont indiqués dans le tableau ci-après sous la forme de grandeurs en fonction de la surface en kWh/m<sup>2</sup>a. Les valeurs sont indépendantes de la surface de référence énergétique et de l'emplacement de l'installation.

| Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire, accumulation d'eau chaude sanitaire $q_{ww,Hif,S}$ (kWh/m²a) |   |   |   |  |                            |   |
|---|---|---|---|--|----------------------------|---|
| $A_n$ (m²)  | Ballon d'eau chaude chauffé indirectement <sup>1)</sup> | Chauffage électrique à accumulation de nuit | Chauffage électrique à accumulation de jour | 1 petit réservoir électrique pour 80m² | Accumulateur solaire mixte | Réservoir d'eau chaude sanitaire chauffé au gaz |
| ≤100  | 0,11  | 0,00  | 0,00  | 0,00                                   | 0,00                       | 0,00  |
| 150   | 0,08  |   |   |  |                            |   |
| 200   | 0,07  |   |   |  |                            |   |
| 300   | 0,05  |   |   |  |                            |   |
| 500   | 0,04  |   |   |  |                            |   |
| 750   | 0,04  |   |   |  |                            |   |
| 1.000   | 0,03  |   |   |  |                            |   |
| 1.500   | 0,03  |   |   |  |                            |   |
| 2.500   | 0,03  |   |   |  |                            |   |
| 5.000   | 0,04  |   |   |  |                            |   |
| ≥10.000   | 0,04  |   |   |  |                            |   |
| 1) Lorsque la pompe fait partie intégrante de l'installation de production de chaleur, alors $q_{ww,Hif,S} = 0$ |   |   |   |  |                            |   |

Tableau 48 - Valeurs spécifiques du besoin en énergie auxiliaire, accumulation d'eau chaude sanitaire  $q_{ww,Hif,S}$ 

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

Pour le calcul du besoin en énergie finale de la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude sanitaire, les tableaux ci-après peuvent être utilisés. Alternativement, il est possible de réaliser le calcul conformément à la norme DIN 4701-12. La méthode permet de calculer la dépense en énergie nécessaire à l'approvisionnement en chaleur et la production d'eau chaude sanitaire du bâtiment jusqu'à la transmission de chaleur dans le local d'un bâtiment. Elle comprend les déperditions susceptibles de se produire lors de la production, de

l'accumulation, de la distribution et de la transmission. Les **facteurs de dépense** mentionnés dans les tableaux suivants contiennent toutes les parts de déperditions dues à la **distribution**, à l'**accumulation** et à la **transmission**. Un calcul séparé des déperditions de chaleur de la distribution, de la production, de l'accumulation et de la transmission n'a pas lieu, étant donné qu'elles sont déjà comprises dans les facteurs de dépense.

Tous les facteurs de dépense des installations  $e_{E,H}$  et  $e_{E,WW}$  sont indiqués dans les tableaux en fonction de l'âge de l'installation, du système utilisé et, le cas échéant, du besoin spécifique en chaleur de chauffage  $q_H$  du bâtiment. Pour le calcul de la valeur spécifique du besoin en énergie finale nécessaire à la production d'eau chaude sanitaire, on distingue entre bonne isolation thermique des conduites et isolation thermique modérée des conduites. L'expert est tenu, dans le cadre de l'état des lieux du bâtiment d'évaluer l'isolation thermique des conduites. En présence de plusieurs installations de production de chaleur et à partir d'un taux de couverture  $\geq 20\%$  au besoin annuel de chaleur de chauffage, il faut réaliser une analyse différenciée de la production énergétique. Lorsque ce taux de couverture au besoin annuel de chaleur de chauffage est  $< 20\%$ , il n'est pas nécessaire de réaliser une analyse différenciée des différentes installations de production de chaleur ; uniquement l'installation de production de chaleur présentant le taux de couverture le plus élevé au besoin annuel en chaleur de chauffage doit être considérée. Les taux de couverture sont déterminés conformément au chapitre 6.3.1.1. À cet effet, les facteurs de dépense  $e_{E,H,i}$  du tableau 49 au tableau 56 sont utilisés. Les cheminées, les poêles en faïence ou les poêles individuels dans le bâtiment ou dans les locaux ne sont pas pris en compte à moins qu'ils ne constituent le seul système de chauffage.

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

| Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage $e_{E,H}$ des installations présentant une isolation thermique modérée des conduites |  |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|--|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage $q_H$<br>en kWh/m <sup>2</sup> a   |  |                  | EFH  |      |      |      |      | MFH  |      |      |      |      |
|  |  |                  | ≤50  | 100  | 150  | 200  | ≥250 | ≤50  | 100  | 150  | 200  | ≥250 |
| Chauffage central  | Chaudière à température constante et à pellets | Jusqu'en 1986    | 1,99 | 1,72 | 1,61 | 1,54 | 1,50 | 1,73 | 1,52 | 1,43 | 1,37 | 1,34 |
|  |  | À partir de 1986 | 1,93 | 1,67 | 1,56 | 1,49 | 1,45 | 1,68 | 1,47 | 1,39 | 1,33 | 1,30 |
|  |  | À partir de 1995 | 1,87 | 1,62 | 1,51 | 1,45 | 1,41 | 1,63 | 1,43 | 1,35 | 1,30 | 1,26 |
|  | Chaudière à basse température                  | Jusqu'en 1986    | 1,84 | 1,59 | 1,49 | 1,42 | 1,39 | 1,68 | 1,48 | 1,39 | 1,33 | 1,30 |
|  |  | À partir de 1986 | 1,76 | 1,52 | 1,42 | 1,36 | 1,32 | 1,61 | 1,41 | 1,33 | 1,27 | 1,24 |
|  |  | À partir de 1995 | 1,67 | 1,45 | 1,35 | 1,29 | 1,26 | 1,55 | 1,36 | 1,27 | 1,23 | 1,20 |
|  | Chaudière à condensation au gaz                | Jusqu'en 1995    | 1,61 | 1,39 | 1,30 | 1,24 | 1,21 | 1,49 | 1,31 | 1,23 | 1,18 | 1,15 |
|  |  | À partir de 1995 | 1,58 | 1,37 | 1,28 | 1,22 | 1,19 | 1,48 | 1,29 | 1,22 | 1,17 | 1,14 |
|  | Chaudière à bois                               |                  | 1,93 | 1,67 | 1,56 | 1,49 | 1,45 | 1,68 | 1,47 | 1,39 | 1,33 | 1,30 |
|  | Pompe à chaleur électrique                     | Air extérieur    | 0,75 | 0,62 | 0,57 | 0,54 | 0,53 | 0,72 | 0,61 | 0,56 | 0,54 | 0,52 |
|  |  | Sol              | 0,57 | 0,48 | 0,44 | 0,42 | 0,41 | 0,55 | 0,46 | 0,43 | 0,41 | 0,40 |
|  | Chauffage urbain / PCCE                        |                  | 1,52 | 1,32 | 1,23 | 1,18 | 1,15 | 1,46 | 1,28 | 1,20 | 1,16 | 1,13 |

Tableau 49 - Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage des installations présentant une isolation thermique modérée des conduites

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

Tableau 50 - Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage des installations présentant une bonne isolation thermique des conduites

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

Tableau 51 - Facteur de dépense pour la production de chaleur de chauffage des installations décentralisées

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

Tableau 52 - Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production de chaleur

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

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

Tableau 53 - Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire  $e_{E,WW}$  des installations présentant une isolation thermique modérée des conduites

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

Tableau 54 - Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire  $e_{E,WW}$  des installations présentant une bonne isolation thermique des conduites



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

Tableau 55 - Facteur de dépense pour la production d'eau chaude sanitaire  $e_{E,WW}$  des systèmes décentralisés

| Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production d'eau chaude sanitaire, y comprises la distribution, l'accumulation et la transmission $Q_{Hif,WW}$ en kWh/m <sup>2</sup> a |     |     |
|--|-----|-----|
|  | EFH | MFH |
| central sans circulation   | 0,1 | -   |
| central avec circulation   | 1,4 | 0,5 |
| décentralisé   | 0,0 | 0,0 |

Tableau 56 - Valeur spécifique du besoin en énergie auxiliaire pour la production d'eau chaude sanitaire, y comprises la distribution, l'accumulation et la transmission  $Q_{Hif,WW}$ 

## 6.5 Facteur de dépense en énergie primaire $e_p$

| Facteur de dépense en énergie primaire $e_p$ rapporté à l'énergie finale (kWh <sub>p</sub> /kWh <sub>e</sub> ) <sup>a</sup> |  |      |
|---|--|------|
| Combustibles  | Fioul (mazout) EL  | 1,10 |
|   | Gaz naturel H  | 1,12 |
|   | Gaz liquéfié   | 1,13 |
|   | Houille  | 1,08 |
|   | Lignite  | 1,21 |
|   | Combustible renouvelable                                     | 0,20 |
| Électricité   | Mix de l'électricité   | 1,50 |
|   | Production d'électricité par une installation photovoltaïque | 1,50 |
| PCCE décentralisée  | avec du combustible renouvelable                             | 0,00 |
|   | avec du combustible fossile                                  | 1,14 |
| Chauffage urbain  | par PCCE avec du combustible renouvelable                    | 0,00 |
|   | par PCCE avec du combustible fossile                         | 1,29 |
|   | de centrales thermiques avec du combustible renouvelable     | 0,61 |
|   | de centrales thermiques avec du combustible fossile          | 1,41 |

Tableau 57 - Facteurs de dépense en énergie primaire

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

### Considération de la chaleur fatale dans les réseaux de chauffage urbain

Dans le cas d'un chauffage urbain alimenté par une ou plusieurs centrales thermiques et par de la chaleur fatale, l'exploitant du réseau de chauffage urbain met à disposition un facteur de dépense en énergie primaire pondéré  $e_{p,mix}$ . Ce facteur doit s'orienter aux conditions d'exploitation réelles et est calculé en utilisant la formule suivante :

$$e_{p,mix} = n_{centr.th.foss} \cdot e_{p,centr.th.foss} + n_{centr.th.ren} \cdot e_{p,centr.ren} + n_{ch.fatale} \cdot e_{p,ch.fatale}$$

avec:

$$n_{centr.th.foss} + n_{centr.th.ren} + n_{ch.fatale} = 1$$

où:

|                       |                                    |   |
|-----------------------|------------------------------------|---|
| $e_{p,mix}$           | kWh <sub>p</sub> /kWh <sub>e</sub> | est le facteur de dépense en énergie primaire pondéré   |
| $e_{p,centr.th.foss}$ | kWh <sub>p</sub> /kWh <sub>e</sub> | est le facteur de dépense en énergie primaire conformément au tableau 57, pour le système du chauffage urbain de centrales thermiques avec du combustible fossile                                 |
| $e_{p,centr.th.ren}$  | kWh <sub>p</sub> /kWh <sub>e</sub> | est le facteur de dépense en énergie primaire conformément au tableau 57, pour le système du chauffage urbain de centrales thermiques avec du combustible renouvelable                            |
| $e_{p,ch.fatale}$     | kWh <sub>p</sub> /kWh <sub>e</sub> | est le facteur de dépense en énergie primaire de la chaleur fatale fixé à 0   |
| $n_{centr.th.foss}$   | -                                  | est le taux de couverture de la production de chaleur pour le système du chauffage urbain de centrales thermiques avec du combustible fossile, suivant les conditions d'exploitation réelles      |
| $n_{centr.th.ren}$    | -                                  | est le taux de couverture de la production de chaleur pour le système du chauffage urbain de centrales thermiques avec du combustible renouvelable, suivant les conditions d'exploitation réelles |
| $n_{ch.fatale}$       | -                                  | est le taux de couverture de la production de chaleur par la chaleur fatale, suivant les conditions d'exploitation réelles  |

La chaleur fatale est définie comme la quantité de chaleur issue d'un processus industriel, mise à la disposition pour une utilisation concrète transmise via un réseau de chaleur à un bâtiment, et qui aurait autrement été rejetée dans l'environnement sans aucune utilisation.

La chaleur fatale ne provient pas d'installations destinées à la production d'électricité ou de chaleur. Les chaînes de conversion antérieures qui mènent à la production de la chaleur fatale ne sont pas évaluées.

Pour des nouveaux bâtiments d'habitation et en cas de changement de la valeur du facteur de dépense en énergie primaire pondéré par l'exploitant du réseau de chaleur, le facteur de dépense en énergie primaire pondéré considéré à la date de la demande de l'autorisation de construire, peut également être pris en compte pour le calcul de la performance énergétique et le certificat de performance énergétique prévu à l'article 4, paragraphe 12.

### 6.6 Facteurs environnementaux $e_{CO_2}$

| Facteurs environnementaux <sup>9</sup> $e_{CO_2}$ rapportés à l'énergie finale (kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub> ) |  |       |
|---|--|-------|
| Combustibles  | Fioul (mazout) EL  | 0,300 |
|   | Gaz naturel H  | 0,246 |
|   | Gaz liquéfié   | 0,270 |
|   | Houille  | 0,439 |
|   | Lignite  | 0,452 |
|   | Combustible renouvelable                                     | 0,040 |
| Électricité   | Mix de l'électricité   | 0,367 |
|   | Production d'électricité par une installation photovoltaïque | 0,367 |

<sup>9</sup> Pour les facteurs environnementaux  $e_{CO_2}$ , il s'agit des équivalents CO<sub>2</sub>.

|                    |  |       |
|--------------------|--|-------|
| PCCE décentralisée | avec du combustible renouvelable                         | 0,000 |
|                    | avec du combustible fossile                              | 0,234 |
| Chauffage urbain   | par PCCE avec du combustible renouvelable                | 0,000 |
|                    | par PCCE avec du combustible fossile                     | 0,258 |
|                    | de centrales thermiques avec du combustible renouvelable | 0,131 |
|                    | de centrales thermiques avec du combustible fossile      | 0,309 |

Tableau 58 - Facteurs environnementaux

Considération de la chaleur fatale dans les réseaux de chauffage urbain

Dans le cas d'un chauffage urbain alimenté par une ou plusieurs centrales thermiques et par de la chaleur fatale, l'exploitant du réseau de chauffage urbain met à disposition un facteur environnemental pondéré  $e_{CO2,mix}$ . Ce facteur doit s'orienter aux conditions d'exploitation réelles et est calculé en utilisant la formule suivante :

$$e_{CO2,mix} = n_{centr.th.foss} \cdot e_{CO2,centr.th.foss} + n_{centr.th.ren} \cdot e_{CO2,centr.ren} + n_{ch.fatale} \cdot e_{CO2,ch.fatale}$$

avec:

$$n_{centr.th.foss} + n_{centr.th.ren} + n_{ch.fatale} = 1$$

où:

|                         |                                     |   |
|-------------------------|-------------------------------------|---|
| $e_{CO2,mix}$           | kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub> | est le facteur environnemental pondéré  |
| $e_{CO2,centr.th.foss}$ | kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub> | est le facteur environnemental conformément au tableau 58, pour le système du chauffage urbain de centrales thermiques avec du combustible fossile  |
| $e_{CO2,centr.th.ren}$  | kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub> | est le facteur environnemental conformément au tableau 58, pour le système du chauffage urbain de centrales thermiques avec du combustible renouvelable   |
| $e_{CO2,ch.fatale}$     | kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub> | est le facteur environnemental de la chaleur fatale fixé à 0  |
| $n_{centr.th.foss}$     | -                                   | est le taux de couverture de la production de chaleur pour le système du chauffage urbain de centrales thermiques avec du combustible fossile, suivant les conditions d'exploitation réelles      |
| $n_{centr.th.ren}$      | -                                   | est le taux de couverture de la production de chaleur pour le système du chauffage urbain de centrales thermiques avec du combustible renouvelable, suivant les conditions d'exploitation réelles |
| $n_{ch.fatale}$         | -                                   | est le taux de couverture de la production de chaleur par la chaleur fatale, suivant les conditions d'exploitation réelles  |

La chaleur fatale est définie comme la quantité de chaleur issue d'un processus industriel, mise à la disposition pour une utilisation concrète transmise via un réseau de chaleur à un bâtiment, et qui aurait autrement été rejetée dans l'environnement sans aucune utilisation.

La chaleur fatale ne provient pas d'installations destinées à la production d'électricité ou de chaleur. Les chaînes de conversion antérieures qui mènent à la production de la chaleur fatale ne sont pas évaluées.

Pour des nouveaux bâtiments d'habitation et en cas de changement de la valeur du facteur environnemental pondéré par l'exploitant du réseau de chaleur, le facteur environnemental pondéré considéré à la date de la demande de l'autorisation de construire, peut également être pris en compte pour le calcul de la performance énergétique et le certificat de performance énergétique prévu à l'article 4, paragraphe 12.

## 6.7 Pouvoir calorifique de différents vecteurs énergétiques $e_i$

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

Tableau 59 - Pouvoir calorifique de différents vecteurs énergétiques

## 6.8 Rayonnement global et températures mensuelles moyennes

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

Tableau 60 - Intensité énergétique moyenne mensuelle du rayonnement solaire total en fonction de l'orientation de la surface  $I_{S,M}$  [W/m<sup>2</sup>] sur une surface verticale et températures extérieures moyennes par mois  $\vartheta_{e,M}$  [°C] pour le climat de référence du Luxembourg

# **ANNEXE II**

**concernant les bâtiments fonctionnels**

Règlement grand-ducal concernant la  
performance énergétique des bâtiments

# SOMMAIRE

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>0</b> | <b>DEFINITIONS ET SYMBOLES .....</b>   | <b>5</b>  |
| 0.1      | Symboles et unités .....   | 8         |
| 0.2      | Signification des indices .....  | 18        |
| <b>1</b> | <b>EXIGENCES MINIMALES APPLICABLES AUX BATIMENTS FONCTIONNELS.....</b>   | <b>19</b> |
| 1.1      | Isolation thermique d'hiver.....   | 19        |
| 1.2      | Exigences minimales relatives à la protection thermique d'été .....  | 22        |
| 1.2.1    | Preuve simplifiée.....   | 22        |
| 1.2.2    | Preuve par simulation .....  | 23        |
| 1.2.3    | Détermination de la transmittance solaire .....  | 26        |
| 1.2.4    | Exigence minimale relative à la transmittance solaire .....  | 26        |
| 1.2.5    | Facteur de transmission énergétique totale, $g_{tot}$ .....  | 28        |
| 1.2.6    | Détermination du type de construction et de la capacité d'accumulation thermique effective, $C_{wirk}$ .....   | 28        |
| 1.2.7    | Rapport de la profondeur sur la hauteur libre du local, $f_{a/h}$ .....  | 29        |
| 1.3      | Étanchéité à l'air du bâtiment .....   | 30        |
| 1.4      | Production de chaleur utile .....  | 31        |
| 1.5      | Mesures en vue d'éviter les ponts thermiques .....   | 31        |
| 1.6      | Conduites d'eau chaude sanitaire, de distribution de chaleur/froid et gaines de ventilation .....  | 31        |
| 1.7      | Réservoir de chaleur, de froid et d'eau chaude sanitaire .....   | 33        |
| 1.8      | Centrales de traitement d'air.....   | 33        |
| 1.9      | Systèmes de réglage .....  | 34        |
| 1.10     | Dispositifs de mesure .....  | 34        |
| 1.11     | Dispositifs de charge pour voitures électriques ou hybrides rechargeables.....   | 34        |
| 1.12     | Dispositifs techniques pour les installations photovoltaïques .....  | 35        |
| 1.13     | Systèmes d'automatisation et de contrôle .....   | 35        |
| <b>2</b> | <b>EXIGENCES APPLICABLES AUX BATIMENTS FONCTIONNELS.....</b>   | <b>37</b> |
| 2.1      | Bilan énergétique.....   | 37        |
| 2.2      | Valeur maximale pour le besoin spécifique total en énergie primaire .....  | 38        |
| 2.3      | Valeur maximale pour le besoin spécifique en chaleur de chauffage.....   | 39        |
| 2.4      | Bâtiment de référence .....  | 39        |
| 2.5      | Affectation aux catégories de bâtiments.....   | 44        |
| <b>3</b> | <b>REPARTITION EN CLASSES DE PERFORMANCE ENERGETIQUE .....</b>   | <b>45</b> |
| 3.1      | Classification sur la base du besoin énergétique calculé .....   | 45        |
| 3.2      | Classification sur la base du besoin pondéré en énergie finale.....  | 46        |
| <b>4</b> | <b>CONTENU DU CALCUL DE PERFORMANCE ENERGETIQUE .....</b>  | <b>47</b> |
| 4.1      | Informations générales .....   | 47        |
| 4.2      | Indications concernant le bâtiment .....   | 47        |
| 4.3      | Respect des exigences relatives à la valeur spécifique du besoin en énergie primaire et à la valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage ..... | 47        |
| 4.4      | Respect des exigences minimales .....  | 47        |
| 4.4.1    | Isolation thermique d'hiver .....  | 47        |
| 4.4.2    | Protection thermique d'été .....   | 48        |
| 4.4.3    | Étanchéité à l'air du bâtiment .....   | 48        |
| 4.4.4    | Production de chaleur utile .....  | 48        |
| 4.4.5    | Mesures en vue d'éviter les ponts thermiques .....   | 48        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 4.4.6    | Conduites d'eau chaude sanitaire, de distribution de chaleur et de froid et gaines de ventilation .....        | 48        |
| 4.4.7    | Réservoir de chaleur, de froid et d'eau chaude sanitaire .....   | 48        |
| 4.4.8    | Centrales de traitement d'air.....   | 48        |
| 4.4.9    | Systèmes de réglage .....  | 48        |
| 4.4.10   | Dispositifs de mesure.....   | 48        |
| 4.4.11   | Dispositifs de charge pour voitures électriques ou hybrides rechargeables.....                                 | 48        |
| 4.4.12   | Dispositifs techniques pour les installations photovoltaïques .....  | 48        |
| 4.4.13   | Systèmes d'automatisation et de contrôle .....   | 48        |
| 4.5      | Documentation du calcul .....  | 49        |
| <b>5</b> | <b>CONTENU DU CERTIFICAT DE PERFORMANCE ENERGETIQUE .....</b>  | <b>50</b> |
| 5.1      | Certificat de performance énergétique d'un bâtiment fonctionnel .....  | 50        |
| 5.1.1    | Informations requises sur chaque page.....   | 50        |
| 5.1.2    | Informations générales .....   | 50        |
| 5.1.3    | Indications concernant le bâtiment .....   | 50        |
| 5.1.4    | Indications concernant la consommation mesurée en énergie finale du bâtiment .....                             | 51        |
| <b>6</b> | <b>CALCULS DU BESOIN EN ENERGIE PRIMAIRE DES BATIMENTS FONCTIONNELS.....</b>                                   | <b>54</b> |
| 6.1      | Définition de données importantes concernant le bâtiment.....  | 54        |
| 6.1.1    | Surface de plancher.....   | 54        |
| 6.1.2    | Surface de construction .....  | 54        |
| 6.1.3    | Surface de plancher nette.....   | 55        |
| 6.1.4    | Surface utile .....  | 55        |
| 6.1.5    | Surface utile principale.....  | 55        |
| 6.1.6    | Surface utile secondaire .....   | 55        |
| 6.1.7    | Surface de circulation .....   | 55        |
| 6.1.8    | Surface d'installations .....  | 55        |
| 6.2      | Surface de référence énergétique $A_n$ en $m^2$ .....  | 55        |
| 6.3      | Surface de l'enveloppe thermique $A$ en $m^2$ .....  | 55        |
| 6.4      | Volume conditionné brut $V_e$ en $m^3$ .....   | 56        |
| 6.5      | Volume thermiquement conditionné net $V_n$ en $m^3$ .....  | 56        |
| 6.6      | Rapport $A/V_e$ en $m^{-1}$ .....  | 56        |
| 6.7      | Climat de référence .....  | 56        |
| 6.8      | Profils d'utilisation .....  | 56        |
| 6.9      | Directives relatives au zonage .....   | 56        |
| 6.10     | Énergie de chauffage.....  | 56        |
| 6.11     | Détermination du renouvellement d'air par fenêtre.....   | 58        |
| 6.12     | Eau chaude sanitaire .....   | 59        |
| 6.13     | Humidification par la vapeur .....   | 59        |
| 6.14     | Froid.....   | 59        |
| 6.15     | Éclairage.....   | 61        |
| 6.16     | Ventilation .....  | 61        |
| 6.17     | Énergie auxiliaire .....   | 62        |
| 6.18     | Production et autoconsommation d'une installation photovoltaïque, d'une éolienne et/ou d'une cogénération..... | 62        |
| 6.18.1   | Répartition de la demande totale en électricité entre les durées utiles et non utiles .....                    | 62        |
| 6.18.2   | Nombre d'heures et de jours d'exploitation .....   | 63        |
| 6.18.3   | L'ordre de source d'énergie utilisée pour l'autoconsommation.....  | 63        |
| 6.18.4   | Autoconsommation d'électricité provenant d'une installation photovoltaïque.....                                | 64        |
| 6.18.5   | Autoconsommation d'électricité provenant d'une éolienne.....   | 66        |
| 6.18.6   | Autoconsommation d'électricité provenant d'une cogénération .....  | 68        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 6.18.7   | Système de batterie d'accumulateurs.....   | 71         |
| 6.18.8   | Injection d'électricité au réseau public.....  | 73         |
| 6.18.9   | Approvisionnement d'électricité du réseau public.....  | 73         |
| 6.18.10  | Considération de l'autoconsommation d'électricité pour l'évaluation du bâtiment.....   | 73         |
| 6.19     | Autres.....  | 75         |
| 6.19.1   | Évaluation du système de protection solaire mobile.....  | 75         |
| 6.19.2   | Ponts thermiques.....  | 76         |
| 6.19.3   | Constructions jumelées et mitoyennes.....  | 77         |
| 6.19.4   | Autres conditions générales.....   | 77         |
| 6.19.5   | Refroidissement nocturne.....  | 77         |
| 6.19.6   | Utilisation de geocooling.....   | 78         |
| 6.20     | Méthodes de calcul simplifiées pour le corps du bâtiment.....  | 79         |
| 6.20.1   | Affectation simplifiée de l'enveloppe thermique du bâtiment.....   | 79         |
| 6.20.2   | Détermination simplifiée de l'éclairement à la lumière naturelle.....  | 82         |
| 6.20.3   | Coefficients de correction de la température $F_x$ dans le cas du chauffage et du refroidissement.....   | 87         |
| 6.20.4   | Représentation simplifiée de l'ombrage.....  | 96         |
| 6.20.5   | Autres méthodes simplifiées pour le corps du bâtiment.....   | 96         |
| 6.21     | Méthodes de calcul simplifiées des installations techniques.....   | 97         |
| 6.21.1   | Chauffage - Accumulation.....  | 97         |
| 6.21.2   | Chauffage - Distribution.....  | 97         |
| 6.21.3   | Distribution d'eau chaude sanitaire.....   | 98         |
| 6.21.4   | Énergie auxiliaire, distribution d'eau de refroidissement et d'eau froide.....   | 100        |
| 6.22     | Calcul de la valeur spécifique d'émissions totales de $CO_2$ .....   | 101        |
| <b>7</b> | <b>DETERMINATION DES VALEURS SPECIFIQUES DE CONSOMMATION CHALEUR ET ELECTRICITE DE BATIMENTS FONCTIONNELS EXISTANTS.....</b>                                       | <b>103</b> |
| 7.1      | Détermination des valeurs spécifiques de référence chaleur et électricité.....   | 103        |
| 7.2      | Valeur spécifique de référence équipements de travail.....   | 104        |
| 7.3      | Valeur spécifique de référence services divers.....  | 104        |
| 7.4      | Valeur spécifique de référence services centraux.....  | 104        |
| 7.5      | Valeurs spécifiques de référence pour des utilisations qui ne peuvent pas être représentées à l'aide des valeurs de référence partielles de dépense d'énergie..... | 105        |
| 7.6      | Valeur spécifique de consommation chaleur d'un bâtiment, $e_{vw}$ .....  | 105        |
| 7.6.1    | Consommation énergétique finale calculée de chaleur d'un bâtiment, $E_{vg}$ .....  | 106        |
| 7.6.2    | Correction tenant compte des surfaces inoccupées.....  | 107        |
| 7.6.3    | Correction temporelle.....   | 108        |
| 7.6.4    | Correction climatique.....   | 109        |
| 7.7      | Détermination de la valeur spécifique de consommation électricité d'un bâtiment, $e_{vs}$ .....  | 110        |
| 7.7.1    | Consommation électrique mesurée d'un bâtiment, $E_{vs,m}$ .....  | 110        |
| 7.7.2    | Correction tenant compte des surfaces inoccupées.....  | 111        |
| 7.7.3    | Correction de temps.....   | 111        |
| 7.8      | Sources des données de consommation.....   | 112        |
| 7.9      | Complément de données manquantes de consommation.....  | 112        |
| 7.10     | Utilisations spéciales dans des bâtiments fonctionnels.....  | 114        |
| <b>8</b> | <b>TABLEAUX ET CARACTERISTIQUES.....</b>   | <b>115</b> |
| 8.1      | Facteurs d'énergie primaire, $f_{p,x}$ .....   | 115        |
| 8.2      | Facteurs environnementaux, $f_{CO_2,x}$ .....  | 116        |
| 8.3      | Teneur énergétique de différentes sources d'énergie et facteur de conversion du pouvoir calorifique supérieur en pouvoir calorifique inférieur, $f_{Hs/Hi}$ .....  | 117        |



## 0 DÉFINITIONS ET SYMBOLES

### **Certificat de performance énergétique**

Tel que défini à l'article 3, paragraphe 9.

### **Calcul de performance énergétique**

Tel que défini à l'article 3, paragraphe 8.

### **Ministre**

Tel que défini à l'article 3, paragraphe 13.

### **Performance énergétique**

Telle que définie à l'article 3, paragraphe 15.

### **Besoin en énergie utile**

Quantité d'énergie calculée nécessaire pour maintenir des conditions ambiantes définies (température, humidité), une qualité d'éclairage définie et une quantité nécessaire d'eau chaude sanitaire dans un bâtiment. Les pertes de production, d'accumulation, de distribution et de transmission ne sont pas prises en compte dans le besoin en énergie utile. L'ensemble du besoin en énergie utile se divise comme suit : le besoin en chaleur utile et le besoin en refroidissement utile ainsi que le besoin en énergie utile pour l'eau chaude sanitaire, l'éclairage et l'humidification.

### **Besoin en énergie finale**

Quantité d'énergie calculée nécessaire aux installations techniques (installation de chauffage et de réfrigération, centrales de traitement d'air, de préparation d'eau chaude sanitaire, d'éclairage) en tenant compte de l'énergie auxiliaire nécessaire pour assurer les conditions ambiantes définies (température, humidité), la qualité d'éclairage définie et la quantité d'eau chaude sanitaire dans un bâtiment.

### **Besoin en énergie primaire**

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

### **Valeur spécifique d'émissions totales de CO<sub>2</sub>**

Émissions annuelles calculées de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) d'un bâtiment, exprimées en kilogrammes de CO<sub>2</sub> par mètre carré de surface de référence énergétique A<sub>n</sub> et par an (kg CO<sub>2</sub> /m<sup>2</sup>a) déterminées conformément au chapitre 6.22.

### **Valeur spécifique du besoin total en énergie primaire**

Besoin annuel calculé en énergie primaire d'un bâtiment exprimé en kilowattheures par mètre carré de surface de référence énergétique A<sub>n</sub> et par an (kWh/m<sup>2</sup>a) déterminé conformément au chapitre 6.

### **Bâtiment**

Tel que défini à l'article 3, paragraphe 1.

### **Surface de référence énergétique A<sub>n</sub> en m<sup>2</sup>**

Telle que définie à l'article 3, paragraphe 17.

**Surface de l'enveloppe thermique A en m<sup>2</sup>**

Telle que définie à l'article 3, paragraphe 16.

**Volume conditionné brut, V<sub>e</sub> en m<sup>3</sup>**

Tel que défini à l'article 3, paragraphe 19.

**Conditionnement**

Obtention de certaines conditions dans des locaux découlant de l'utilisation du chauffage, du refroidissement, de l'aération et de la ventilation, de l'humidification et de la déshumidification, de l'éclairage et/ou de l'approvisionnement en eau chaude sanitaire.

**Systèmes techniques**

Systèmes d'approvisionnement techniques sur lesquels l'ensemble du besoin énergétique d'un bâtiment peut être réparti. Le présent règlement prend en considération les systèmes techniques suivants :

- chauffage (chauffage par zone, chauffage pour le traitement d'air, y compris le post-chauffage en cas d'humidification et de déshumidification) ;
- préparation d'eau chaude sanitaire ;
- éclairage ;
- ventilation ;
- refroidissement (refroidissement par zone, refroidissement pour le traitement d'air, y compris la déshumidification) ;
- humidification ;
- énergie auxiliaire pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, le refroidissement et l'humidification.

**Zone**

Entité de base pour le calcul du bilan énergétique. Une zone comprend des parties d'un bâtiment caractérisées par des conditions générales d'utilisation identiques et ne présentant aucune différence significative en ce qui concerne le corps du bâtiment et les installations techniques correspondantes. Les directives relatives au zonage sont décrites au chapitre 6.9 et les conditions générales d'utilisation au chapitre 6.8.

**Besoin spécifique en chaleur de chauffage**

Le besoin spécifique en chaleur de chauffage  $q_{h,b}$  est calculé par zone conformément à la norme DIN V 18599-2. La température d'entrée d'air du débit volumétrique d'air extérieur requis en raison de l'hygiène est prise en considération dans le bilan par zone comme la température de l'air extérieur en tenant compte, toutefois, d'une récupération thermique éventuelle en amont selon l'équation (91) de la norme DIN V 18599-2. Les déperditions de chaleur dues à la transmission et à la distribution des débits volumétriques de renouvellement d'air et les besoins en énergie utile des batteries de chauffage des centrales de traitement d'air ne sont pas compris dans le besoin spécifique en chaleur de chauffage. Le besoin spécifique en chaleur de chauffage correspond donc à l'énergie utile à fournir dans la zone en tenant compte des pertes de ventilation et d'une récupération thermique mais sans prendre en considération les autres installations techniques.

**Besoin énergétique calculé**

Tel que défini à l'article 3, paragraphe 7 et déterminé sur la base de profils d'utilisation standard conformément au chapitre 6.8 et de conditions climatiques standard conformément au chapitre 6.7.

**Consommation énergétique mesurée**

Telle que définie à l'article 3, paragraphe 10.

**Valeur spécifique de consommation**

Consommation énergétique annuelle d'un bâtiment, corrigée et rapportée à la surface de référence énergétique. Des valeurs spécifiques de consommation sont déterminées pour la chaleur et pour l'électricité.

**Énergie renouvelable**

Énergie provenant de sources d'énergie renouvelables (vent, soleil, géothermie, énergie houlomotrice et marémotrice, énergie hydraulique, biomasse, gaz de décharge, gaz de stations d'épuration et biogaz). Le présent règlement prend uniquement en considération les énergies renouvelables qui sont utilisées pour le chauffage, le refroidissement, la préparation d'eau chaude sanitaire ou la ventilation des bâtiments et qui sont générées en relation avec les bâtiments. Il tient compte de l'énergie solaire, de la chaleur ambiante, de la géothermie et de l'énergie de la biomasse.

**Bâtiment fonctionnel**

Tel que défini à l'article 3, paragraphe 4.

**Bâtiment fonctionnel neuf**

Tel que défini à l'article 3, paragraphe 6.

**Modification d'un bâtiment fonctionnel**

Telle que définie à l'article 3, paragraphe 14.

**Extension d'un bâtiment fonctionnel**

Telle que définie à l'article 3, paragraphe 12.

**Surflux**

Surplus de flux d'air dans une zone (en cas de ventilation mécanique) créant une amenée d'air par surflux dans une zone adjacente.

**Point de charge**

Une interface qui permet de recharger un seul véhicule électrique à la fois.

**Système de gestion intelligente de charge**

Un système qui gère l'ensemble des points de charge derrière un même point de raccordement de façon à limiter le prélèvement simultané de puissance à une valeur qui ne peut pas dépasser la capacité mise à disposition par le gestionnaire de réseau au point de raccordement et doit être capable d'intégrer un nombre de points de charge équivalent au moins au nombre de points de charge obligatoires défini par le présent règlement.

**Système d'automatisation et de contrôle des bâtiments**

Un système comprenant tous les produits, logiciels et services d'ingénierie à même de soutenir le fonctionnement efficace sur le plan énergétique, économique et sûr des installations techniques de bâtiment au moyen de commandes automatiques et en facilitant la gestion manuelle de ces installations techniques de bâtiment.

**Installations techniques de bâtiment**

Équipements techniques de chauffage des locaux, de refroidissement des locaux, de ventilation, de production d'eau chaude sanitaire, d'éclairage intégré, d'automatisation et de contrôle des bâtiments, de production d'électricité sur site d'un bâtiment ou d'une unité de bâtiment, ou combinant plusieurs de ces systèmes, y compris les systèmes utilisant une énergie produite à partir de sources renouvelables.

## 0.1 Symboles et unités

|                      |           |  |
|----------------------|-----------|--|
| $\Delta U_{WB}$      | W/(m²K)   | Facteur de correction des ponts thermiques   |
| A                    | m²        | Surface de l'enveloppe thermique d'un bâtiment   |
| $\alpha$             | -         | Facteur d'absorption solaire   |
| A                    | m²        | Désigne une surface (toujours en rapport avec des indices)   |
| a                    | -         | Paramètre d'évaluation de l'utilisation de dispositifs mobiles de protection solaire   |
| $A/V_e$              | m⁻¹       | Rapport de la surface de l'enveloppe thermique au volume conditionné brut  |
| Anteil <sub>GS</sub> | -         | La part de la production de froid utile produite par geocooling  |
| Anteil <sub>KM</sub> |           | Part de la production en froid utile produite par un refroidisseur à compression (Anteil <sub>KM</sub> = 1 - Anteil <sub>GS</sub> )  |
| $a_0$                | -         | Paramètre de régression conformément au tableau 26 pour le calcul de la réduction du besoin de refroidissement spécifique journalier d'une utilisation d'un refroidissement nocturne |
| $a_1$                | -         | Paramètre de régression conformément au tableau 26 pour le calcul de la réduction du besoin de refroidissement spécifique journalier d'une utilisation d'un refroidissement nocturne |
| $A_C$                | m²        | Surface du capteur plan d'une installation solaire thermique   |
| $A_c$                | m²        | Partie refroidie de la surface de référence énergétique  |
| $A_{Fe}$             | m²        | Surface de fenêtre   |
| $A_{Fenster,HO}$     | m²        | Surface totale de fenêtres horizontales de la pièce  |
| $A_{Fe,geo}$         | m²        | Surface géométrique ouvrable de l'ouvrant pour la ventilation nocturne   |
| $a_{geo}$            | -         | Paramètre de régression conformément au tableau 27 pour le calcul de la part de la production de froid utile par geocooling  |
| $A_{KL}$             | m²        | Surface sans éclairage naturel   |
| $A_{leer}$           | m²        | Surface partielle inoccupée  |
| $A_m$                | m²        | Partie de la surface de référence énergétique humidifiée au moyen d'un humidificateur à vapeur   |
| $A_n$                | m²        | Surface de référence énergétique   |
| $A_{n,h,i}$          | m²        | Surface de référence énergétique de la zone i  |
| $A_{n,fehl,x,j}$     | m²        | Surface partielle j de la surface de référence énergétique $A_n$ pour laquelle des données relatives à la consommation pour les systèmes techniques x font défaut                    |
| $A_{n,u}$            | m²        | Surface de plancher nette de la zone non conditionnée  |
| $A_{NB}$             | m²        | Partie de la surface de référence énergétique $A_n$ qui n'est pas affectée à la surface utile principale   |
| $A_{NGF}$            | m²        | Surface de plancher nette  |
| $A_{NGF,R}$          | m²        | Surface de plancher nette du local considéré lors de la détermination de la transmittance solaire  |
| $a_R$                | M         | Profondeur du local (dimensions intérieures) ; profondeur caractéristique du local   |
| $A_{RB,TL}$          | m²        | Surface vitrée au-dessus du plan de travail  |
| $a_{TL}$             | M         | Profondeur de la zone d'éclairage naturel  |
| $A_{TL}$             | m²        | Surface avec un éclairage naturel  |
| $a_{TL,max}$         | M         | Profondeur maximale de la zone d'éclairage naturel   |
| $A_{TL,OL}$          | m²        | Surface éclairée à la lumière naturelle d'une zone, par des puits de lumière   |
| $A_{Wa}$             | m²        | Surface de mur extérieur   |
| $A_Z$                | m²        | Surface de plancher nette de la zone Z   |
| $B_{char}$           | kWh/(m²d) | Largeur caractéristique du bâtiment selon formule 39 de la DIN V 18599-1 chapitre 8.2.4  |
| $b_{Fe}$             | M         | Largeur caractéristique de fenêtre   |
| $b_{geo}$            | -         | Paramètre de régression conformément au tableau 27 pour le calcul de la part de la production de froid utile par geocooling  |
| $B_{index}$          | -         | Indice du besoin   |
| $b_R$                | M         | Longueur de la façade principale   |
| $b_s$                | m²        | Longueur de la vitre (par défaut un carré) ( $b_s = 1,00$ m)   |
| $b_{TL}$             | M         | Largeur de la zone d'éclairage naturel   |

|                  |           |  |
|------------------|-----------|--|
| $b_{typ}$        | M         | Longueur de la vitre (par défaut : $b_{typ} = 1,00$ m)   |
| $B_{Vg}$         | kWh/a     | Consommation de combustibles se rapportant au pouvoir calorifique inférieur  |
| $B_{VHs}$        | kWh/a     | Consommation de combustibles se rapportant au pouvoir calorifique supérieur  |
| $b_{Zone,ges}$   | M         | Périmètre caractéristique du mur extérieur   |
| $C_{TL,Vers,SA}$ | -         | Éclairément à la lumière naturelle avec utilisation de protections solaires et/ou d'écrans   |
| $C_{wirk}$       | Wh/K      | Capacité d'accumulation thermique effective  |
| $d_{fehl,x,j}$   | jours     | Période exprimée en jours pour laquelle des données relatives à la consommation pour la surface partielle j et les systèmes techniques x font défaut                         |
| $d_{gesamt}$     | jours     | Période de calcul basée sur les données relatives à la consommation  |
| $d_{leer,i}$     | jours     | Durée de l'inoccupation de la surface partielle i  |
| $d_M$            | d/M       | Jours par mois   |
| $d_{Nutz,a}$     | d/a       | Moyenne de jours d'exploitation par an selon le chapitre 6.18.2  |
| $d_{OL}$         | M         | Distance entre les bandes lumineuses virtuelles  |
| $d_T$            | M         | Épaisseur effective d'un élément de construction   |
| $\varepsilon$    | -         | Émissivité   |
| $e_{Ref,cs}$     | kWh/(m²a) | Valeur spécifique de référence services centraux (central services)  |
| $e_{Ref,ds}$     | kWh/(m²a) | Valeur spécifique de référence services divers (diverse services)  |
| $e_{Ref,fac}$    | kWh/(m²a) | Valeur spécifique de référence équipements de travail (facility)   |
| $e_{Ref,s}$      | kWh/(m²a) | Valeur spécifique de référence électricité du bâtiment   |
| $e_{Ref,w}$      | kWh/(m²a) | Valeur spécifique de référence chaleur du bâtiment   |
| $E_{Vg}$         | kWh/a     | Consommation énergétique finale mesurée de chaleur d'un bâtiment   |
| $E_{Vg,leer}$    | kWh       | Consommation énergétique finale mesurée de chaleur en tenant compte d'une surface inoccupée dans le bâtiment   |
| $E_{Vg,sond}$    | kWh       | Consommation énergétique finale mesurée (combustibles et chauffage urbain) de consommateurs spécifiques  |
| $E_{Vh}$         | kWh       | Part (chaleur de chauffage) de la consommation énergétique finale mesurée de chaleur, tributaire des conditions météorologiques  |
| $E_{Vh,a}$       | kWh/a     | Part (chaleur de chauffage) annuelle de la consommation énergétique finale mesurée de chaleur, tributaire des conditions météorologiques                                     |
| $E_{Vh,b}$       | kWh/a     | Consommation énergétique finale annuelle corrigée en fonction des conditions météorologiques pour la chaleur de chauffage  |
| $e_{Vs}$         | kWh/(m²a) | Valeur spécifique de consommation d'électricité d'un bâtiment  |
| $E_{Vs,b}$       | kWh/a     | Consommation électrique annuelle corrigée du bâtiment  |
| $E_{Vs,m}$       | kWh       | Consommation électrique mesurée d'un bâtiment  |
| $E_{Vs,m,ges}$   | kWh       | Consommation électrique totale mesurée d'un bâtiment, y compris les consommateurs spécifiques  |
| $E_{vs,m,leer}$  | kWh       | Consommation électrique mesurée en présence d'une surface inoccupée dans le bâtiment   |
| $E_{Vs,m,sond}$  | kWh       | Consommation électrique mesurée des consommateurs spécifiques  |
| $e_{Vw}$         | kWh/(m²a) | Valeur spécifique de consommation de chaleur d'un bâtiment   |
| $E_{Vw,b}$       | kWh/a     | Consommation énergétique finale annuelle de chaleur d'un bâtiment, corrigée selon les conditions météorologiques   |
| $E_{Vww}$        | kWh/a     | Consommation énergétique finale indépendante des conditions météorologiques pour toute autre chaleur (eau chaude sanitaire, production de froid, chaleur industrielle, etc.) |
| $E_x$            | kWh       | Somme des données relatives à la consommation provenant d'autres parties du bâtiment présentant une utilisation similaire et des systèmes x identiques                       |
| $\eta_{Bat}$     | %         | Efficacité du stockage de la batterie  |
| $\eta_{CHP,el}$  | %         | Rendement électrique de la cogénération  |
| $\eta_{CHP,ges}$ | %         | Rendement total de la cogénération   |
| $\eta_{CHP,th}$  | %         | Rendement thermique de la cogénération   |
| $\eta_t$         | %         | Rendement de la récupération de chaleur  |
| $\eta_v$         | -         | Efficacité globale moyenne du ventilateur, du système de transmission, du moteur et du contrôle de la vitesse  |

|                         |                                     |   |
|-------------------------|-------------------------------------|---|
| $f_{a/h}$               | -                                   | Rapport de la profondeur sur la hauteur libre du local  |
| $f_{Betrieb}$           | -                                   | Facteur de fonctionnement d'une cogénération  |
| $f_{B/L}$               | -                                   | Facteur géométrique pour la détermination des dimensions caractéristiques conformément au tableau 9 de la DIN V 18599-1   |
| $f_{c,aux}$             | -                                   | Facteur qui tient compte de la consommation énergétique auxiliaire lors de la production et de la distribution de froid   |
| $f_{CHP,korr,NZ,M}$     | -                                   | Facteur de correction mensuel pour tenir compte des temps de fonctionnement d'une cogénération pendant les heures d'exploitation                                  |
| $f_{CHP,korr,NNZ,M}$    | -                                   | Facteur de correction mensuel pour tenir compte des temps de fonctionnement d'une cogénération en dehors des heures d'exploitation                                |
| $f_{CO2}$               | kgCO <sub>2</sub> /kWh              | Facteur environnemental   |
| $f_{CO2,centr.th.foss}$ | kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub> | Facteur environnemental pour le système de chauffage à distance et chauffage de proximité d'installations de chauffage avec du combustible fossile                |
| $f_{CO2,centr.th.ren}$  | kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub> | Facteur environnemental pour le système de chauffage à distance et chauffage de proximité d'installations de chauffage avec du combustible renouvelable           |
| $f_{CO2,ch.fatale}$     | kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub> | Facteur environnemental de la chaleur fatale fixé à 0   |
| $f_{CO2,mix}$           | kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub> | Facteur environnemental pondéré   |
| $f_{el,self}$           | %                                   | Facteur du ratio d'autoconsommation de la production électrique de la cogénération  |
| $f_{FC}$                |                                     | Facteur de freecooling conformément à la définition dans la DIN V 18599-7:2012, chapitre 7.2, formule 74  |
| $f_{F,ai}$              | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>      | Coefficient de correction pour la référence aux dimensions intérieures ; valeur standard = 0,9 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>                                     |
| $F_{F,ue}$              | -                                   | Coefficient de perte pour le cadre du vitrage extérieur   |
| $f_{Fe,An,u}$           | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>      | Surface de fenêtre rapportée à la surface de plancher nette   |
| $f_{fehl,x}$            | -                                   | Facteur de manque de données : décrit l'ampleur des données qui font défaut pour les systèmes x   |
| $f_{geo}$               | -                                   | Facteur géométrique pour la détermination des dimensions caractéristiques conformément au tableau 9 de la DIN V 18599-1   |
| $f_{h,el}$              | -                                   | Part de la surface de référence énergétique A <sub>n</sub> chauffée par une installation de production de chaleur électrique                                      |
| $f_{Hs/Hi}$             | -                                   | Facteur de conversion du pouvoir calorifique supérieur en pouvoir calorifique inférieur   |
| $f_i$                   | W/(m <sup>2</sup> K)                | Facteur de pondération pour une catégorie d'éléments de construction  |
| $f_{i,(h)}$             | -                                   | Charge partielle des appareils à l'heure h conformément au tableau 5 ou au tableau 6  |
| $f_{i,n}$               | -                                   | Charge partielle des appareils à l'heure n conformément au tableau 5 ou au tableau 6  |
| $f_j$                   | -                                   | Facteur d'économie moyen  |
| $f_{Klima}$             | -                                   | Facteur de correction climatique annuel pour le chauffage   |
| $f_{korr,Bat,WEA,M}$    | -                                   | Facteur de correction mensuel pour tenir compte des fluctuations climatiques pour la production d'une éolienne  |
| $f_{leer}$              | -                                   | Facteur de surfaces inoccupées  |
| $f_{l,(h)}$             | -                                   | Charge partielle du débit variable de la ventilation à l'heure h conformément au tableau 5 ou au tableau 6  |
| $f_{Monat}$             | %                                   | Pourcentage de consommation mensuelle   |
| $f_{NGF}$               | -                                   | Facteur d'adaptation du tableau des valeurs caractéristiques aux dimensions réelles du bâtiment   |
| $f_{nl,(h)}$            | -                                   | Temps d'exploitation maximale de la ventilation nocturne à l'heure h conformément au tableau 5 ou au tableau 6  |
| $f_{Nutz}$              |                                     | Moyenne pondérée du facteur de conversion pour d'autres utilisations en fonction de la demande pour toutes les zones alimentées en froid                          |
| $f_{OL}$                | -                                   | Facteur pour calculer la largeur caractéristique projetée sur le plan du sol  |
| $f_p$                   | -                                   | Facteur d'énergie primaire  |
| $f_{p(h)}$              | -                                   | Taux d'occupation par personne à l'heure h conformément au tableau 5 ou au tableau 6  |
| $f_{Perf}$              | -                                   | Facteur de puissance du système d'une installation photovoltaïque   |
| $f_{PV,korr,NZ,M}$      | -                                   | Facteur de correction mensuel pour tenir compte des fluctuations climatiques pendant les heures d'exploitation, en fonction du ratio $Q_{PV,NZ,M}/Q_{f,day,NZ,M}$ |

|                        |                                    |  |
|------------------------|------------------------------------|--|
| $f_{PV,korr,NNZ,M}$    | -                                  | Facteur de correction mensuel pour tenir compte des fluctuations climatiques en dehors des heures d'exploitation, en fonction du ratio $Q_{PV,NNZ,M}/Q_{I,day,NNZ,M}$        |
| $f_{p,centr.th.foss}$  | kWh <sub>p</sub> /kWh <sub>e</sub> | Facteur d'énergie primaire pour le système de chauffage à distance et chauffage de proximité d'installations de chauffage avec du combustible fossile                        |
| $f_{p,centr.th.ren}$   | kWh <sub>p</sub> /kWh <sub>e</sub> | Facteur d'énergie primaire pour le système de chauffage à distance et chauffage de proximité d'installations de chauffage avec du combustible renouvelable                   |
| $f_{p,ch.fatale}$      | kWh <sub>p</sub> /kWh <sub>e</sub> | Facteur d'énergie primaire de la chaleur fatale fixé à 0   |
| $f_{p,CHP}$            | kWh <sub>p</sub> /kWh <sub>e</sub> | Facteur d'énergie primaire du combustible pour la cogénération conformément au chapitre 8.1  |
| $f_{p,mix}$            | kWh <sub>p</sub> /kWh <sub>e</sub> | Facteur de dépense en énergie primaire pondéré   |
| $f_{p,Strom}$          | kWh <sub>p</sub> /kWh <sub>e</sub> | Facteur d'énergie primaire pour l'électricité conformément au chapitre 8.1   |
| $F_S$                  | -                                  | Facteur d'ombrage (coefficient de perte dû à l'ombrage)  |
| $f_{T_{or}}$           | -                                  | Ratio de la surface de porte sectionnelle d'une zone par rapport à la surface de façade de cette zone  |
| $f_{u,n}$              | -                                  | Taux d'exploitation de la pièce l'heure n  |
| $f_{WEA,i}$            | -                                  | Facteur de correction $f_{WEA,korr,2,NZ,M}$ respectivement $f_{WEA,korr,2,NZ,M}$ des éoliennes affectées   |
| $f_{WEA,korr,1}$       | -                                  | Facteur de correction pour tenir compte des périodes de production   |
| $f_{WEA,korr,2,NZ,M}$  | -                                  | Facteur de correction mensuel pour tenir compte des fluctuations climatiques pendant les heures d'exploitation, en fonction du ratio $Q_{WEA,NZ,M}/Q_{f,NZ,M}$               |
| $f_{WEA,korr,2,NNZ,M}$ | -                                  | Facteur de correction mensuel pour tenir compte des fluctuations climatiques en dehors des heures d'exploitation, en fonction du ratio $Q_{WEA,NNZ,M}/Q_{f,NNZ,M}$           |
| $f_{WEA,korr,2,ref}$   | -                                  | Valeur de référence pour les facteurs mensuels pour tenir compte des fluctuations climatiques conformément au 1  |
| $f_{weighted}$         | -                                  | Facteur de correction pour plusieurs éoliennes   |
| $g_{\perp}$            | -                                  | Facteur de transmission énergétique totale pour une incidence verticale du rayonnement   |
| $g_{\perp,res}$        | -                                  | Facteur de transmission énergétique totale résultant pour une incidence verticale du rayonnement en tenant compte des caractéristiques optiques extérieures des fenêtres     |
| $g_{tot}$              | -                                  | Facteur de transmission énergétique totale en tenant compte de la protection solaire   |
| $g_{tot,res}$          | -                                  | Facteur de transmission énergétique totale résultant, y compris le dispositif de protection solaire, en tenant compte des caractéristiques optiques extérieures des fenêtres |
| $g_{tot,ref}$          | -                                  | Facteur de transmission énergétique totale en tenant compte de la protection solaire du bâtiment de référence  |
| $h_{25}$               | h/a                                | Limite des heures avec une température trop chaude pendant le temps d'exploitation d'une zone d'habitation   |
| $h_{26}$               | h/a                                | Limite des heures avec une température trop chaude pendant le temps d'exploitation d'une zone fonctionnelle  |
| $H'_T$                 | W/(m²K)                            | Coefficient spécifique de transfert de chaleur par transmission  |
| $H'_{T,max}$           | W/(m²K)                            | Coefficient spécifique maximal de transfert de chaleur par transmission relatif à l'enveloppe thermique du bâtiment et spécifique à la température                           |
| $h_{Fe}$               | m                                  | Hauteur moyenne de la fenêtre  |
| $H_i$                  | kWh/unité                          | Pouvoir calorifique inférieur en kWh par unité de quantité   |
| $h_{Ne}$               | m                                  | Hauteur du plan utile conformément à la DIN V 18599-4  |
| $h_{VL}$               | h/a                                | Heures de pleine charge des appareils  |
| $h_s$                  | m                                  | Distance entre vitre et surface de la toiture ( $h_s = 0,25$ m)  |
| $h_x$                  | h/a                                | Température intérieure pendant une heure   |
| $n_{LB}$               | -                                  | Rendement de service d'un luminaire  |
| $h_{Ne}$               | m                                  | Hauteur du plan utile  |
| $h_R$                  | m                                  | Hauteur libre du local (dimensions intérieures)  |
| $n_s$                  | -                                  | Efficacité lumineuse d'un luminaire avec un dispositif de fonctionnement   |
| $h_{St}$               | m                                  | Hauteur de linteau moyenne   |
| $H_T$                  | W/K                                | Coefficients de transfert de chaleur par transmission  |
| $h_z$                  | m                                  | Hauteur moyenne de la zone   |
| $l_v$                  | -                                  | Indice d'obstruction   |
| $k$                    | -                                  | Rapport moyen des coûts  |

|                            |                                       |   |
|----------------------------|---------------------------------------|---|
| $k_A$                      | -                                     | Facteur de réduction qui tient compte de la zone de la tâche visuelle   |
| $K_{\text{index}}$         | -                                     | Indice d'économie pour le bâtiment à évaluer  |
| $l_{\text{geb}}$           | m                                     | Longueur totale de la distribution du froid calculée d'après les dimensions du bâtiment conformément à la norme DIN V 18599 - Partie 7 - Équation 32 (hypothèse : surface de référence énergétique totale refroidie)  |
| $l_{\text{max,c}}$         | m                                     | Longueur de la distribution du froid (circuit du bâtiment)  |
| $l_{\text{ss}}$            | W/m <sup>2</sup>                      | L'intensité d'irradiation solaire sur la façade   |
| $k$                        | %                                     | Part de couverture annuelle d'une cogénération de la demande totale de chaleur du bâtiment  |
| $L_{\text{char}}$          | kWh/(m <sup>2</sup> d)                | Longueur caractéristique du bâtiment selon formule 38 de la DIN V 18599-1 chapitre 8.2.4  |
| $l_{\text{OL,TL}}$         | m                                     | Longueur de la zone éclairée à la lumière naturelle   |
| $l_{\text{sonde}}$         | m                                     | Longueur totale des sondes (forage géothermique)  |
| $l_{\text{typ}}$           | m                                     | Longueur caractéristique de la paumelle de la vitre   |
| $\lambda_B$                | W/(m.K)                               | Conductivité thermique utile  |
| $\lambda_D$                | W/(m.K)                               | Conductivité thermique déclarée   |
| $n_{50}$                   | h <sup>-1</sup>                       | Perméabilité à l'air : débit volumétrique mesuré pour une différence de pression de 50 Pa par rapport au volume conditionné net du bâtiment $V_n$   |
| $n_{\text{centr.th.foss}}$ | -                                     | Taux de couverture de la production de chaleur pour le système du chauffage urbain de centrales thermiques avec du combustible fossile, suivant les conditions d'exploitation réelles pour la détermination de $f_{p,\text{mix}}$ et de $f_{\text{CO}_2,\text{mix}}$  |
| $n_{\text{centr.th.ren}}$  | -                                     | Taux de couverture de la production de chaleur pour le système de chauffage urbain de centrales thermiques avec du combustible renouvelable, suivant les conditions d'exploitation réelles pour la détermination de $f_{p,\text{mix}}$ et de $f_{\text{CO}_2,\text{mix}}$   |
| $n_{\text{ch.fatale}}$     | -                                     | Taux de couverture de la production de chaleur par la chaleur fatale, suivant les conditions d'exploitation réelles pour la détermination de $f_{p,\text{mix}}$ et de $f_{\text{CO}_2,\text{mix}}$  |
| $n_{\text{CHP}}$           | %                                     | Part de couverture de l'installation de cogénération à la puissance thermique totale requise (chauffage + ECS, y compris les pertes de distribution)  |
| $n_G$                      | -                                     | Nombre d'étages conditionnés du bâtiment  |
| $n_{\text{OL}}$            | pièce                                 | Nombre caractéristique de puits de lumière de toit  |
| $n_{\text{tot}}$           | -                                     | Rendement global par ventilateur ou pour la valeur moyenne pondérée des ventilateurs d'amenée et de rejet d'air   |
| $n_{\text{Pers}}$          | -                                     | Nombre de personnes dans la pièce de surface $A_n$  |
| $n_{\text{WDWE}}$          | h <sup>-1</sup>                       | Échange d'air pendant les jours avec et sans exploitation, à l'heure h  |
| $n_{\text{win,min}}$       | 1/h                                   | Nombre minimum de changement d'air par fenêtre indépendamment de l'infiltration et du changement d'air du système de ventilation  |
| $P_{\text{ch,cl,sac}}$     | kW                                    | Puissance nominale d'un système de chauffage ou de climatisation à partir d'un système d'automatisation et de contrôle est obligatoire  |
| $P_{\text{el,CHP}}$        | kW                                    | La puissance électrique d'une cogénération conformément à la DIN V 18599-9 chapitre 5.2.2   |
| $P_{\text{d,spesz}}$       | W <sub>el</sub> /kW <sub>Kälte</sub>  | Puissance électrique spécifique des pompes d'un système de distribution d'eau froide  |
| $P_{\text{pk}}$            | W/m <sup>2</sup>                      | Puissance installée d'une installation photovoltaïque   |
| $P_{\text{pk,m}}$          | -                                     | Facteur de dégradation pour la détermination de la puissance maximale moyenne d'une installation photovoltaïque   |
| $P_{\text{SFP}}$           | kW/(m <sup>3</sup> /s)                | Puissance absorbée spécifique d'un ventilateur en fonction du débit volumétrique  |
| $P_{\text{SFP,Zuluft}}$    | kW/(m <sup>3</sup> /s)                | Consommation spécifique du ventilateur d'air soufflé  |
| $P_{\text{th,CHP}}$        | kW                                    | La puissance thermique d'une cogénération   |
| $\Delta p^{\text{sup}}$    | Pa                                    | Perte de pression totale du réseau de conduits d'air soufflé au débit volumétrique prévu  |
| $q_{\text{aux,CO}_2}$      | kgCO <sub>2</sub> /(m <sup>2</sup> a) | Valeur spécifique d'émissions de CO <sub>2</sub> , énergie auxiliaire   |
| $q_{\text{aux,p}}$         | kWh/(m <sup>2</sup> a)                | Besoin spécifique en énergie primaire pour l'énergie auxiliaire pour le système de chauffage et la fonction de chauffage de la centrale de traitement, pour le système de refroidissement et la fonction de refroidissement de la centrale de traitement d'air, pour l'humidification, la préparation d'eau chaude sanitaire et l'éclairage |
| $Q_{\text{aux,M,elektr}}$  | kWh/M                                 | Besoin en énergie finale en électricité par mois pour l'énergie auxiliaire selon le chapitre 6.17   |
| $Q_{\text{Bat}}$           | kWh                                   | Capacité effective du stockage d'électricité de la batterie   |
| $Q_{\text{Bat,M}}$         | kWh/M                                 | Énergie mensuelle autoconsommée supplémentaires par l'utilisation d'un système de batterie d'accumulateurs  |



|                          |                          |  |
|--------------------------|--------------------------|--|
| $Q'_{h,b}$               | kWh/a                    | Besoin en chaleur de chauffage des zones de bâtiment avant l'itération et sans tenir compte des apports thermiques non régulés des systèmes de distribution et de transmission conformément à la norme DIN V 18599-2 |
| $Q_{CHP,Bat,M}$          | kWh/M                    | Autoconsommation électrique mensuelle supplémentaire d'une cogénération à cause de l'utilisation d'un système de batterie  |
| $Q_{CHP,NNZ,M}$          | kWh/M                    | Production mensuelle nette d'électricité d'une cogénération en dehors des heures d'exploitation  |
| $Q_{CHP,NZ,M}$           | kWh/M                    | Production mensuelle nette d'électricité d'une cogénération pendant les heures d'exploitation  |
| $Q_{CHP,self,M}$         | kWh/M                    | Autoconsommation électrique mensuelle d'une cogénération avec un système de batterie   |
| $Q_{CHP,use,M}$          | kWh/M                    | Autoconsommation de l'électricité mensuelle produite par une cogénération  |
| $Q_{CHP,use,NNZ,M}$      | kWh/M                    | Autoconsommation de l'électricité mensuelle produite par une cogénération en dehors des heures d'exploitation  |
| $Q_{CHP,use,NZ,M}$       | kWh/M                    | Autoconsommation de l'électricité mensuelle produite par une cogénération pendant les heures d'exploitation  |
| $Q_{c,aux}$              | kWh/a                    | Énergie auxiliaire pour le traitement d'air et la production de froid dans les locaux conformément à la norme DIN V 18599-7  |
| $q_{c,b}$                | kWh/(m²d)                | Besoin de refroidissement spécifique sans utilisation d'un refroidissement nocturne conformément à la DIN V 18599-2 chapitre 5.2.3   |
| $q_{c,b,mod}$            | kWh/(m²d)                | Besoin de refroidissement spécifique avec l'utilisation d'un refroidissement nocturne  |
| $q_{c,b,nv}$             | kWh/(m²d)                | Réduction du besoin de refroidissement spécifique d'une utilisation d'un refroidissement nocturne par jour   |
| $Q_{c,CHP,M}$            | kWh/M                    | Production d'énergie utile mensuelle d'une cogénération pour la production de froid (si thermique)   |
| $q_{CO_2}$               | kgCO <sub>2</sub> /(m²a) | Valeur spécifique d'émissions totales de CO <sub>2</sub> du bâtiment   |
| $q_{c,CO_2}$             | kgCO <sub>2</sub> /(m²a) | Valeur spécifique d'émissions de CO <sub>2</sub> , froid   |
| $Q_{C,f,elektr}$         | kWh/a                    | Besoin en énergie finale de la machine frigorifique à compression conformément à la norme DIN V 18599-7  |
| $Q_{C,f,therm}$          | kWh/a                    | Besoin en énergie finale de l'installation de production de chaleur ou du générateur de vapeur pour alimenter la machine frigorifique à absorption conformément à la norme DIN V 18599-7                             |
| $Q_{C,f,R,z}$            | kWh/a                    | Besoin en énergie finale de l'installation de refroidissement conformément à la norme DIN V 18599-7  |
| $Q_{c,M}$                | kWh/M                    | Besoin énergétique utile mensuel avec pertes pour le besoin en énergie de refroidissement (si thermique)   |
| $Q_{c,M,elektr}$         | kWh/M                    | Besoin en énergie finale en électricité par mois pour le froid selon le chapitre 6.14  |
| $q_{c,p}$                | kWh/(m²a)                | Besoin spécifique en énergie primaire, froid pour le système et la fonction de refroidissement des centrales de traitement d'air   |
| $q_{c,outg,i}$           | kWh/a                    | Besoin en froid utile proportionné d'un producteur de froid pour la zone i avec un besoin en froid   |
| $q_{c,outg}$             | kWh/a                    | Froid utile fourni par le producteur de froid  |
| $Q_{c,solar,M}$          | kWh/M                    | Approvisionnement mensuel en énergie du système solaire pour le besoin en énergie de refroidissement (si thermique)  |
| $q_{c,sonde}$            | kWh/m/a                  | Besoin en froid utile par mètre de sonde   |
| $q_{50}$                 | m³/(hm²)                 | Mesure de l'étanchéité à l'air du bâtiment : c'est-à-dire le débit volumétrique mesuré pour une différence de pression de 50 Pa par rapport à la surface de l'enveloppe du bâtiment                                  |
| $Q_f$                    | kWh/a                    | Besoin annuel en énergie finale  |
| $q_{fan}$                | m³/h                     | Débit volumétrique de conception du ventilateur  |
| $Q_{feed-in,a}$          | kWh/a                    | Énergie injectée en électricité auto-générée au réseau électrique public   |
| $Q_{f,brenn}$            | kWh/(m²a)                | Besoin en énergie finale sauf électricité, chaleur pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et l'humification selon le chapitre 6   |
| $Q_{f,CHP,ges,M}$        | kWh/M                    | Besoin en énergie finale mensuel de la cogénération  |
| $Q_{f,CHP,Wärme,M}$      | kWh/M                    | Besoin en énergie finale mensuel pour la production d'énergie thermique utile  |
| $Q_{f,CHP,self,M}$       | kWh/M                    | Besoin en énergie finale mensuel pour la production d'énergie électrique autoconsommée   |
| $Q_{f,CHP,Strom,M}$      | kWh/M                    | Besoin en énergie finale mensuel pour la production d'énergie électrique   |
| $Q_{f,day,NNZ,M,elektr}$ | kWh/M                    | Besoin en électricité mensuel en dehors des heures d'exploitation et pendant la période $t_{IG,day}$   |
| $Q_{f,day,NZ,M,elektr}$  | kWh/M                    | Besoin en électricité mensuel pendant les heures d'exploitation et pendant la période $t_{IG,day}$   |

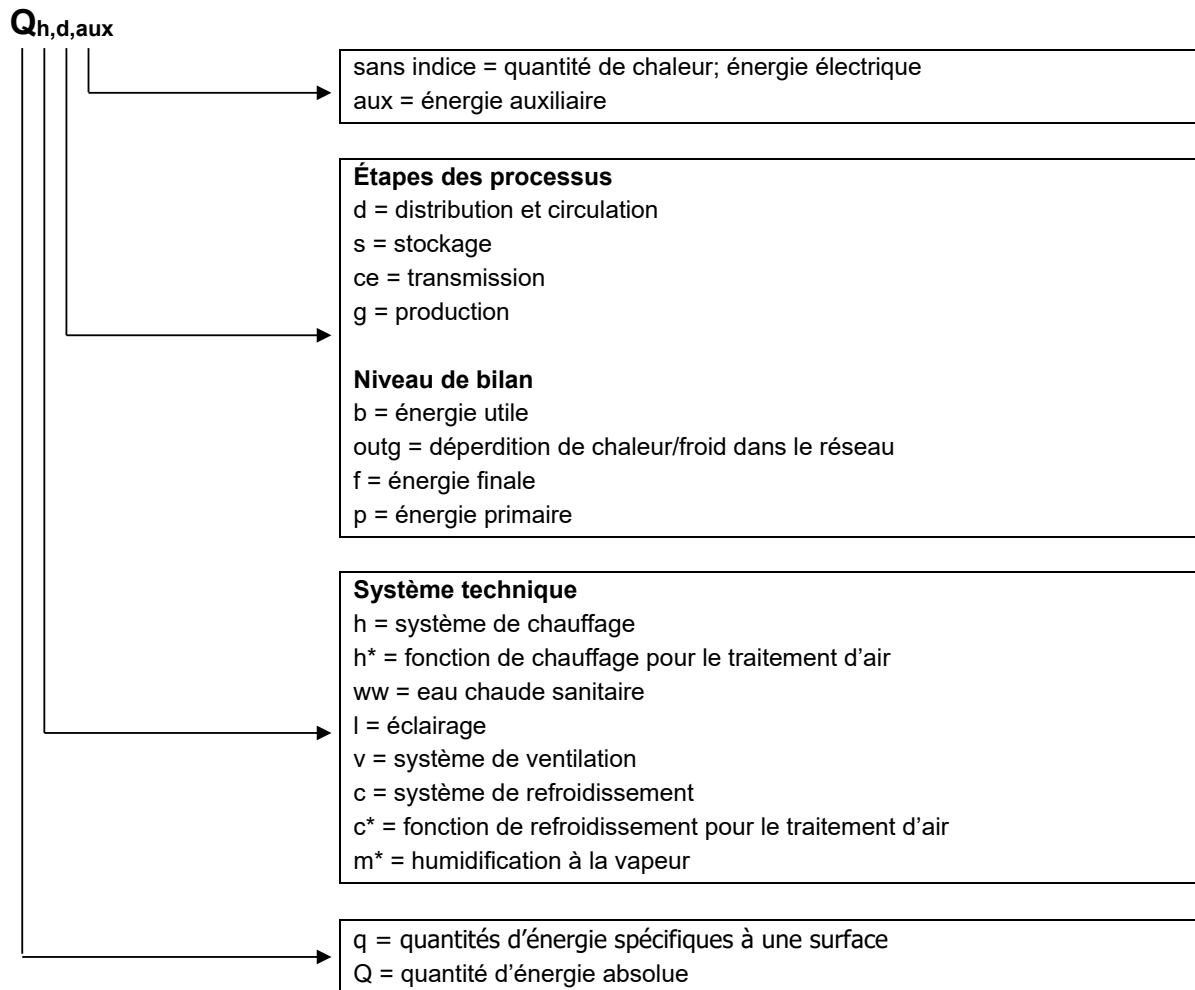
|                          |             |  |
|--------------------------|-------------|--|
| $Q_{f,k}$                | kWh/a       | Besoin pondéré en énergie finale pour le bâtiment à évaluer  |
| $Q_{f,M,elektr}$         | kWh/M       | Besoin en énergie finale en électricité par mois du bâtiment selon le chapitre 6   |
| $Q_{f,NNZ,M,elektr}$     | kWh/M       | Besoin en énergie finale en électricité par mois pendant les jours sans exploitation   |
| $Q_{f,NNZ,M,elektr}$     | kWh/M       | Besoin en énergie finale en électricité par mois en dehors des heures d'exploitation   |
| $Q_{f,NNZ,NT,M,elektr}$  | kWh/M       | Besoin en énergie finale en électricité par mois en dehors des heures d'exploitation pendant les jours d'exploitation  |
| $Q_{f,NZ,M,elektr}$      | kWh/M       | Besoin en énergie finale en électricité par mois pendant les heures d'exploitation   |
| $Q_{f,prod,CPH,M}$       | kWh/M       | Production nette mensuelle d'énergie électrique d'une cogénération   |
| $Q_{f,prod,ges,M}$       | kWh/M       | Production mensuelle d'énergie électrique  |
| $Q_{f,prod,PV,M}$        | kWh/M       | Production d'électricité mensuelle d'une installation photovoltaïque conformément à la DIN V 18599-10 au chapitre 7  |
| $Q_{f,prod,WEA,M}$       | kWh/M       | Production d'électricité mensuelle d'une éolienne conformément à la DIN V 18599-10 au chapitre 6   |
| $Q_{f,PV,NNZ,M}$         | kWh/M       | Production d'électricité mensuelle d'une installation photovoltaïque en dehors des heures d'exploitation   |
| $Q_{f,PV,NZ,M}$          | kWh/M       | Production d'électricité mensuelle d'une installation photovoltaïque pendant les heures d'exploitation   |
| $Q_{f,WEA,NNZ,M}$        | kWh/M       | Production d'électricité mensuelle d'une éolienne en dehors des heures d'exploitation  |
| $Q_{f,WEA,NZ,M}$         | kWh/M       | Production d'électricité mensuelle d'une éolienne pendant les heures d'exploitation  |
| $Q_{f,s}$                | kWh/(m²a)   | Besoin en énergie finale électrique du bâtiment conformément au chapitre 6   |
| $q_{Geräte}$             | kWh/(m²·a)  | Émission de chaleur des appareils pendant l'année  |
| $q_{Geräte(h)}$          | W/m²        | Émission de chaleur des appareils pendant l'heure h  |
| $q_{Person(h)}$          | W/m²        | Émission de chaleur des personnes pendant l'heure h  |
| $Q_{grid,a}$             | kWh/a       | Approvisionnement d'énergie électrique du réseau public  |
| $\dot{Q}_h$              | kW          | Puissance thermique totale requise (chauffage + ECS, y compris les pertes de distribution)   |
| $Q_{h,CHP,M}$            | kWh/M       | Production d'énergie utile mensuelle d'une cogénération pour le chauffage  |
| $Q_{h,M}$                | kWh/M       | Besoin énergétique utile mensuel avec pertes pour le besoin en énergie de chauffage  |
| $Q_{h,M,elektr}$         | kWh/M       | Besoin en énergie finale en électricité par mois pour le chauffage selon le chapitre 6.10, à l'exception du besoin en énergie finale en électricité pour un chauffage électrique direct  |
| $Q_{h,solar,M}$          | kWh/M       | Approvisionnement mensuel en énergie du système solaire pour le besoin en énergie de chauffage   |
| $Q_{h^*,aux}$            | kWh/a       | Énergie auxiliaire pour la fourniture de chaleur destinée à la centrale de traitement d'air conformément à la norme DIN V 18599-5  |
| $Q_{h^*,outg}$           | kWh/a       | Quantité de chaleur utile produite livrée au système de traitement d'air   |
| $Q_{h,aux}$              | kWh/a       | Énergie auxiliaire pour le système de chauffage conformément à la norme DIN V 18599-5  |
| $q_{h,b}$                | kWh/(m²a)   | Besoin spécifique en chaleur de chauffage  |
| $q_{h,b,max}$            | kWh/(m²a)   | Valeur maximale pour le besoin spécifique en chaleur de chauffage  |
| $\Delta q_{p,2021/2023}$ | kWh/(m²a)   | Valeur de correction pour le besoin spécifique total en énergie primaire du bâtiment afin de compenser l'effet de la modification de l'installation de production de chaleur de référence visée au chapitre 2.4 pendant la phase transitoire de deux ans (pompe à chaleur air/eau comme installation de référence pour la production de chaleur et d'eau chaude sanitaire, contre une chaudière à condensation au gaz naturel dans la réglementation en vigueur jusqu'au 31/12/2020) |
| $q_{h,CO_2}$             | kgCO₂/(m²a) | Valeur spécifique d'émissions de CO₂, chauffage  |
| $Q_{h,f}$                | kWh/a       | Besoin en énergie finale de l'installation de production de chaleur  |
| $Q_{h,foutg}$            | kWh/a       | Quantité de chaleur utile produite livrée au système de chauffage  |
| $q_{h,p}$                | kWh/(m²a)   | Besoin spécifique en énergie primaire pour le système et la fonction de chauffage de la centrale de traitement d'air   |
| $Q_{loss,Bat,a}$         | kWh/a       | Pertes d'un système de batterie d'accumulateurs  |
| $q_{l,CO_2}$             | kgCO₂/(m²a) | Valeur spécifique d'émissions de CO₂, éclairage  |
| $Q_{l,M,elektr}$         | kWh/M       | Besoin en énergie finale en électricité par mois pour l'éclairage selon le chapitre 6.15   |
| $q_{l,p}$                | kWh/(m²a)   | Besoin spécifique en énergie primaire pour l'éclairage   |
| $Q_{l,f}$                | kWh/a       | Besoin en énergie finale pour éclairer une zone conformément à la norme DIN V 18599-4  |

|                          |                 |   |
|--------------------------|-----------------|---|
| $q_{m,CO_2}$             | $kgCO_2/(m^2a)$ | Valeur spécifique d'émissions de $CO_2$ , humidification par la vapeur  |
| $Q_{m,f}$                | kWh/a           | Besoin en énergie finale du générateur de vapeur pour humidifier l'air fourni conformément à la norme DIN V 18599-7   |
| $Q_{m,M,elektr}$         | kWh/M           | Besoin en énergie finale en électricité par mois pour l'humidification selon le chapitre 6.13   |
| $q_{m,p}$                | $kWh/(m^2a)$    | Besoin spécifique en énergie primaire, humidification à la vapeur   |
| $q_p$                    | $kWh/(m^2a)$    | Besoin spécifique total en énergie primaire du bâtiment   |
| $Q_{prod,i}$             | kWh/M           | Production d'électricité mensuelle respective pour toutes les éoliennes affectées $i$   |
| $Q_{prod}/Q_{need,day}$  | -               | Ratio de la production mensuelle d'une installation photovoltaïque et du besoin mensuel en électricité pendant et en dehors des heures d'exploitation   |
| $Q_{prod,WEA}/Q_{need}$  | -               | Ratio de la production mensuelle d'une éolienne et du besoin mensuel en électricité pendant et en dehors des heures d'exploitation  |
| $Q_{PV,Bat,M}$           | kWh/M           | Autoconsommation électrique mensuelle supplémentaire d'une installation photovoltaïque à cause de l'utilisation d'un système de batterie  |
| $Q_{PV,self,M}$          | kWh/M           | Autoconsommation électrique mensuelle d'une installation photovoltaïque avec système de batterie  |
| $Q_{PV,use,M}$           | kWh/M           | Autoconsommation de l'électricité mensuelle produite par une installation photovoltaïque  |
| $Q_{PV,use,NZ,M}$        | kWh/M           | Autoconsommation de l'électricité mensuelle produite par une installation photovoltaïque en dehors des heures d'exploitation  |
| $Q_{PV,use,NZ,M}$        | kWh/M           | Autoconsommation de l'électricité mensuelle produite par une installation photovoltaïque pendant les heures d'exploitation  |
| $Q_{p,CHP,ges,M}$        | kWh/M           | Besoin en énergie primaire mensuel pris en compte pour une cogénération   |
| $Q_{p,CHP,ren,M}$        | kWh/M           | Crédit mensuel d'énergie primaire pour l'autoconsommation d'énergie électrique d'une cogénération   |
| $Q_{p,Gutschrift,PV,M}$  | kWh/M           | Crédit mensuel d'énergie primaire pour l'autoconsommation d'énergie électrique d'une installation photovoltaïque  |
| $Q_{p,Gutschrift,WEA,M}$ | kWh/M           | Crédit mensuel d'énergie primaire pour l'autoconsommation d'énergie électrique d'une éolienne   |
| $q_{p,max}$              | $kWh/(m^2a)$    | Valeur maximale pour le besoin spécifique total en énergie primaire   |
| $q_{p,ref}$              | $kWh/(m^2a)$    | Besoin spécifique total en énergie primaire pour le bâtiment de référence (valeur spécifique de référence)  |
| $Q_{ren,p}$              | kWh/a           | L'économie en énergie primaire pour l'énergie électrique autoconsommée produite par une installation photovoltaïque, une éolienne et/ou une cogénération par an   |
| $q_{ren,p}$              | $kWh/(m^2a)$    | L'économie spécifique en énergie primaire pour l'énergie électrique autoconsommée produite par une installation photovoltaïque, une éolienne et/ou une cogénération par an conformément au chapitre 6.18.10.3   |
| $q_{ren,p,ref}$          | $kWh/(m^2a)$    | L'économie spécifique en énergie primaire pour l'énergie électrique autoconsommée produite par une installation photovoltaïque du bâtiment de référence tel que prévu au chapitre 2.4 en tenant compte de l'équipement de référence (valeur spécifique de référence) conformément au chapitre 6.18.10.3           |
| $q_{ren,CO_2}$           | $kgCO_2/(m^2a)$ | L'économie spécifique d'émissions de $CO_2$ pour l'énergie électrique autoconsommée d'une installation de production d'électricité renouvelable ou d'une cogénération conformément au chapitre 6.18.10.3 en tenant compte du facteur environnemental $f_{CO_2,x}$ au lieu du facteur d'énergie primaire $f_{p,x}$ |
| $Q_{self,ges,a}$         | kWh/a           | L'énergie autoconsommée en tenant compte d'un système de batterie d'accumulateurs   |
| $Q_{th,CHP,max,M}$       | kWh/M           | Approvisionnement mensuel maximum en énergie thermique utile d'une cogénération   |
| $q_{TK,c}$               | $kWh/(m^2a)$    | Valeur spécifique partielle de dépense d'énergie de refroidissement pour l'utilisation standard   |
| $q_{TK,cedv}$            | $kWh/(m^2a)$    | Valeur spécifique partielle de dépense d'énergie pour des systèmes informatiques centralisés  |
| $q_{TK,elv}$             | $kWh/(m^2a)$    | Valeur spécifique partielle de dépense d'énergie tenant compte de la consommation électrique des ascenseurs   |
| $q_{TK,fac}$             | $kWh/(m^2a)$    | Valeur spécifique partielle de dépense d'énergie des équipements de travail pour l'utilisation standard   |
| $q_{TK,h}$               | $kWh/(m^2a)$    | Valeur spécifique partielle de dépense d'énergie de chauffage pour l'utilisation standard   |
| $q_{TK,l}$               | $kWh/(m^2a)$    | Valeur spécifique partielle de dépense d'énergie d'éclairage pour l'utilisation standard  |
| $q_{TK,oth}$             | $kWh/(m^2a)$    | Valeur spécifique partielle de dépense d'énergie tenant compte de la consommation électrique d'autres consommateurs : installations à courant faible, pompes de chauffage, cuisines des employés, machines à café et réfrigérateurs, etc.   |
| $q_{TK,v}$               | $kWh/(m^2a)$    | Valeur spécifique partielle de dépense d'énergie de ventilation pour l'utilisation standard   |

|                         |                          |   |
|-------------------------|--------------------------|---|
| $q_{TK,ww}$             | kWh/(m²a)                | Valeur spécifique partielle de dépense d'énergie d'eau chaude sanitaire pour l'utilisation standard   |
| $Q_{use,ges,M}$         | kWh/M                    | Autoconsommation électrique mensuelle totale sans système de batterie   |
| $q_{v,CO_2}$            | kgCO <sub>2</sub> /(m²a) | Valeur spécifique d'émissions de CO <sub>2</sub> , ventilation  |
| $Q_{v,E}$               | kWh/a                    | Besoin en énergie finale pour la ventilation conformément à la norme DIN V 18599-3 (équivalent au besoin en énergie utile)  |
| $Q_{v,M,elektr}$        | kWh/M                    | Besoin en énergie finale en électricité par mois pour la ventilation selon le chapitre 6.16   |
| $q_{v,p}$               | kWh/(m²a)                | Besoin spécifique en énergie primaire pour la ventilation   |
| $Q_{w,aux}$             | kWh/a                    | Énergie auxiliaire pour l'approvisionnement en eau chaude sanitaire conformément à la norme DIN V 18599-8   |
| $Q_{w,f}$               | kWh/a                    | Besoin en énergie finale de l'installation de production de chaleur pour la fourniture de chaleur utile au système d'eau chaude sanitaire conformément à la norme DIN V 18599-8 |
| $Q_{WEA,Bat,M}$         | kWh/M                    | Autoconsommation électrique mensuelle supplémentaire d'une éolienne à cause de l'utilisation d'un système de batterie   |
| $Q_{WEA,self,M}$        | kWh/M                    | Autoconsommation électrique mensuelle d'une éolienne avec un système de batterie  |
| $Q_{WEA,use,M}$         | kWh/M                    | Autoconsommation d'électricité mensuelle produite par une éolienne sans système de batterie   |
| $Q_{WEA,use,M}$         | kWh/M                    | Autoconsommation de l'électricité mensuelle produite par une éolienne   |
| $Q_{WEA,use,NNZ,M}$     | kWh/M                    | Autoconsommation de l'électricité mensuelle produite par une éolienne en dehors des heures d'exploitation   |
| $Q_{WEA,use,NZ,M}$      | kWh/M                    | Autoconsommation de l'électricité mensuelle produite par une éolienne pendant les heures d'exploitation   |
| $q_{ww,b}$              | kWh/(m²a)                | Besoin spécifique en chaleur de chauffage pour la production d'eau chaude sanitaire du bâtiment conformément à la norme DIN V 18599-8   |
| $q_{ww,CO_2}$           | kgCO <sub>2</sub> /(m²a) | Valeur spécifique d'émissions de CO <sub>2</sub> , eau chaude sanitaire   |
| $Q_{ww,CHP,M}$          | kWh/M                    | Production d'énergie utile mensuelle d'une cogénération pour la production d'eau chaude sanitaire   |
| $Q_{ww,M}$              | kWh/M                    | Besoin énergétique utile mensuel avec pertes - eau chaude sanitaire   |
| $Q_{ww,M,elektr}$       | kWh/M                    | Besoin en énergie finale en électricité par mois pour l'eau chaude sanitaire selon le chapitre 6.11   |
| $q_{ww,p}$              | kWh/(m²a)                | Besoin spécifique en énergie primaire, eau chaude sanitaire   |
| $Q_{ww,solar,M}$        | kWh/M                    | Approvisionnement mensuel en énergie du système solaire pour le besoin en eau chaude sanitaire  |
| $R$                     | (m²K)/W                  | Résistivité thermique d'un élément de construction (sans résistances de transmission de chaleur)  |
| $SEER_{GS}$             | -                        | Coefficient de performance annuel du froid utile par le geocooling, basé sur la norme DIN V 18599-7: 2012, chapitre 7.3, tableau 41 et formule 78                               |
| $SEER_{KM}$             | -                        | Coefficient de performance annuel du froid utile par la machine frigorifique à compression d'air conformément à la DIN V 18599-7:2012, chapitre 7.1.3.1, formule 47             |
| $t_{RLT,i}$             | -                        | Valeur de référence de la zone i pour la période d'utilisation du refroidissement pour la ventilation selon le tableau 16 de la DIN V 18599-7                                   |
| $t_{GEB,i}$             | -                        | Valeur de référence de la zone i pour la période d'utilisation du refroidissement du bâtiment selon le tableau 16 de la DIN V 18599-7   |
| $T_{max}$               | °C                       | Température intérieure calculée maximale pendant l'année  |
| $T_{e,SS}$              | °C                       | La température extérieure, à partir du moment où le système de protection solaire est utilisé   |
| $t_{IG,day}$            | h/d                      | Durée moyenne de la période avec rayonnement solaire pertinent conformément au tableau 20   |
| $t_M$                   | h/M                      | Heures par mois   |
| $t_{Nutz,a}$            | h/a                      | Moyenne des heures d'exploitation par an  |
| $t_{Nutz,d}$            | h/d                      | Moyenne des heures d'exploitation par jour selon le chapitre 6.18.2   |
| $t_s$                   | -                        | Transmittance solaire des éléments de construction extérieurs d'un local  |
| $t_{s,max}$             | -                        | Valeur limite de la transmittance solaire des éléments de construction extérieurs d'un local  |
| $t_{Vollast,CHP,M}$     | h/M                      | Heures de pleine charge mensuelles d'une cogénération   |
| $t_{Vollast,CHP,NZ,M}$  | h/M                      | Heures de pleine charge mensuelles d'une cogénération pendant les heures d'exploitation   |
| $t_{Vollast,CHP,NNZ,M}$ | h/M                      | Heures de pleine charge mensuelles d'une cogénération en dehors des heures d'exploitation   |
| $t_{Vollast,CHP,M}$     | h/M                      | Heures de pleine charge mensuelles d'une cogénération   |

|                      |   |   |
|----------------------|---|---|
| $t_{WEA,Betrieb,a}$  | h/a   | Durée annuelle de fonctionnement des éoliennes, conformément à la DIN V 18599-9 chapitre 6.5  |
| $\tau_{eu,e}$        | -   | Facteur de transmission énergétique du vitrage extérieur  |
| $\tau_{D65}$         | -   | Facteur de transmission lumineuse pour une incidence verticale de la lumière et éclairage normalisé D65   |
| $\theta_i$           | °C  | Température à l'intérieur de la zone  |
| $\theta_e$           | °C  | Température à l'extérieur   |
| $\theta_{v,mech}$    | °C  | Température de l'air soufflé  |
| $\Delta\theta_{SUP}$ | °C  | Augmentation de la température due à l'émission de chaleur du ventilateur d'air soufflé   |
| $U_g$                | W/(m²K)   | Valeur U d'une vitre de fenêtre   |
| $U_{max}$            | W/(m²K)   | Valeurs maximales des coefficients de transmission thermique de différents éléments de construction   |
| $U_w$                | W/(m²K)   | Valeur U de l'ensemble de la fenêtre  |
| $V_e$                | m³  | Volume brut du bâtiment thermiquement conditionné   |
| $V_n$                | m³  | Volume net du bâtiment thermiquement conditionné  |
| $V_{s,sol}$          | m³  | Volume de la partie solaire (située en partie inférieure) d'un réservoir d'eau chaude sanitaire   |
| $\gamma_w$           | °   | L'inclinaison de la vitre ( $\gamma_w = 90^\circ$ )   |
| $V_{Raum}$           | m³  | Volume de la pièce  |
| WF                   | -   | Facteur d'entretien qui tient compte des processus de vieillissement jusqu'au prochain entretien de l'installation conformément à la norme DIN EN 12464-1 |
| <b>Indices</b>       |   |   |
| i,z,n,y,x,n          | Variables de calcul   |   |
| M                    | Indice caractérisant le mois  |   |
| NZ,NNZ               | Heures d'exploitation, heures sans exploitation   |   |
| NT,NNT               | Jours d'exploitation, jours sans exploitation   |   |
| O,S,N,W,H            | Indice caractérisant l'orientation : est (O), sud (S), nord (N), ouest (W), horizontale (H) |   |
| R                    | Indice caractérisant un local   |   |
| Ref                  | Grandeur se rapportant au bâtiment de référence ou à la valeur spécifique de référence      |   |

## 0.2 Signification des indices



### Remarques concernant les méthodes de calcul utilisées

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

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

# 1 EXIGENCES MINIMALES APPLICABLES AUX BÂTIMENTS FONCTIONNELS

Les exigences minimales applicables à la structure et aux installations techniques des bâtiments fonctionnels sont définies ci-après.

En ce qui concerne les zones destinées à des fins d'habitation dans des bâtiments fonctionnels, il faut appliquer uniquement les exigences minimales suivantes de toutes les exigences minimales décrites dans le présent chapitre :

- isolation thermique d'hiver ;
- protection thermique d'été ;
- étanchéité à l'air du bâtiment ;
- mesures en vue d'éviter les ponts thermiques ;
- conduites d'eau chaude sanitaire, de distribution de chaleur et de froid et gaines de ventilation ;
- réservoir d'eau froide et réservoir d'eau chaude.

## 1.1 Isolation thermique d'hiver

Les éléments de construction d'un bâtiment doivent être conçus de sorte que les coefficients de transmission thermique ne dépassent pas les valeurs maximales fixées dans le tableau 1 et dans le cas d'une modification respectivement d'une transformation substantielle ne dépassent pas les valeurs des éléments de construction correspondants de l'enveloppe thermique avant la modification respectivement avant la transformation substantielle.

| Valeurs max. des coefficients de transmission thermique de chaque élément de construction $U_{\max}$ en $W/(m^2K)$ <sup>1) 2) 6) 8) 11) 12) 13)</sup> |  |  |  |
|---|--|--|--|
|   | 1  | 2  | 3  |
| Élément de construction   | En contact avec le climat extérieur <sup>10)</sup> | En contact avec des locaux très peu chauffés <sup>7)</sup> | Surfaces en contact avec le sol ou des locaux non chauffés <sup>9)</sup> |
| Mur et fermeture horizontale inférieure du bâtiment   | 0,28   | 0,45   | 0,36   |
| Toit et fermeture horizontale supérieure du bâtiment  | 0,22   | 0,31   | 0,27   |
| Fenêtre ou porte-fenêtre, y compris le cadre <sup>3) 4) 5)</sup>  | 1,20   | 1,80   | 1,80   |
| Porte extérieure, y compris le cadre  | 1,60   | 2,20   | 2,20   |
| Coupoles d'éclairage naturel  | 2,40   | 2,40   | 2,40   |

Tableau 1 - Valeurs maximales des coefficients de transmission thermique en  $W/(m^2K)$

- 1) Les valeurs  $U$  des éléments de construction opaques doivent être déterminées conformément à la norme EN ISO 6946. La valeur de la conductivité thermique utile  $\lambda_B$  doit être déterminée à partir de la valeur de la conductivité thermique déclarée  $\lambda_D$  et conformément à la norme EN ISO 10456, en arrondissant à trois décimales près, avec une teneur en humidité correspondante à l'humidité relative de l'air de 50 % à une température de 23°C et avec une température moyenne de 10°C comme conditions de référence.

Le ministre peut fixer des facteurs de correction multiplicateurs à appliquer à la valeur de la conductivité thermique déclarée  $\lambda_D$ , pouvant aller jusqu'aux maxima suivants :

- 1,10 pour des matériaux isolants hygroscopiques ;
- 1,20 pour des matériaux isolants mis en place dans un milieu humide ou produits sur chantier.

Le ministre peut également fixer des facteurs de correction multiplicateurs à appliquer à la valeur de la conductivité thermique déclarée  $\lambda_D$ , pouvant aller jusqu'au maximum de 1,30, respectivement fixer la valeur de la conductivité thermique utile à utiliser, pour les matériaux isolants pour lesquels des valeurs de calcul ou des valeurs normées ne sont pas disponibles.

À défaut de fixation, le facteur de correction multiplicateur est 1,00.

Alternativement la valeur de la conductivité thermique utile  $\lambda_B$  peut être déterminée conformément à la norme DIN 4108-4.

- 2) Il y a lieu de multiplier dans les situations suivantes la valeur maximale autorisée du coefficient de transmission thermique du tableau 1 par un coefficient d'abaissement de 0,8 ( $U_{\max, BH} = U_{\max} \cdot 0,8$ ):

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

Pour les bâtiments auxquels les exigences prévues au chapitre 2 ne s'appliquent pas (par exemple : modifications de bâtiments existants), la valeur maximale  $U_{\max}$  peut être multipliée par un facteur de 1,43 en cas d'isolation intérieure ultérieure. Cette disposition ne concerne pas l'isolation intérieure de la toiture.

- 3) Les vitrines de locaux servant à des activités commerciales ou libérales de grandes dimensions ( $>15 \text{ m}^2$ ) font l'objet d'une exception. Dans ce cas, il y a lieu de respecter une valeur  $U$  pour le vitrage dont  $U_g \leq 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .
- 4) La valeur totale  $U$  d'une fenêtre  $U_w$  doit être déterminée conformément à la norme EN ISO 10077. Elle comprend le cadre, le vitrage et le coefficient de transmission thermique linéique de l'intercalaire.
- 5) Si des radiateurs sont placés devant des éléments de construction transparents extérieurs, la valeur  $U$  de la vitre  $U_g$  ne doit pas dépasser  $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  sauf si, en vue de réduire les déperditions de chaleur, des protections appropriées, indémontables ou intégrées, d'une résistivité thermique  $R$  d'au moins  $1 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$ , sont installées entre les radiateurs et les éléments de construction transparents.
- 6) En cas de chauffage par les parois, le sol et le plafond, sans préjudice des exigences minimales indiquées dans le tableau 1, la résistivité thermique  $R$  des couches des éléments placés entre la surface chauffante et l'air extérieur doit être d'au moins  $4,0 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$  et, entre la surface chauffante et le sol ou la partie non chauffée du bâtiment, d'au moins  $3,5 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$ .
- 7) Par « local très peu chauffé » on entend un local qui comprend un dispositif de chauffage installé à demeure lequel est chauffé à température abaissée constante (température intérieure moyenne comprise entre  $12^\circ\text{C}$  et  $18^\circ\text{C}$ ).
- 8) Pour les bâtiments jumelés et mitoyens présentant différents délais d'achèvement, les murs mitoyens peuvent être considérés dans le calcul comme ne transmettant pas la chaleur et aucune exigence minimale concernant une valeur  $U$  n'est requise, pour autant que ces murs soient ultérieurement en contact avec des locaux chauffés et que la période entre les délais d'achèvement des bâtiments ne dépasse pas 12 mois. Dans le cas contraire, les exigences minimales relatives au climat extérieur doivent être respectées conformément au tableau 1.
- 9) Pour ce qui concerne les éléments de construction en contact avec des locaux non chauffés ou avec le sol, il est possible d'attester, au moyen d'un calcul conforme aux normes EN ISO 13789 ou EN ISO 13370, que ces éléments respectent les valeurs limites pour les éléments de construction en contact avec le climat extérieur, lorsque l'effet d'isolation du local non chauffé ou du sol est pris en compte dans le calcul de la valeur  $U$ .
- 10) Pour les bâtiments qui, d'après leur destination habituelle, couvrent leur besoin en chaleur de chauffage principalement grâce à la chaleur provenant de l'intérieur du bâtiment, il faut appliquer aux éléments de construction en contact avec l'air extérieur les exigences minimales indiquées dans la colonne 2 (locaux peu chauffés). Comme valeur de référence, il y a lieu d'appliquer une valeur moyenne des gains internes pour l'ensemble du bâtiment  $> 600 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{d})$ .
- 11) Pour les extensions de bâtiments fonctionnels inférieures ou égales à 25% du volume conditionné brut  $V_e$  total du bâtiment fonctionnel avant extension, pour lesquelles les exigences du chapitre 2 ne s'appliquent pas, la valeur maximale autorisée du coefficient de transmission thermique est fixée dans le tableau 2.



| Valeurs maximales des coefficients de transmission thermique de chacun des éléments de construction<br>$U_{\max}$ en $W/(m^2K)$ <sup>1) 2)</sup> |                                     |  |
|--|-------------------------------------|--|
| Élément de construction  | En contact avec le climat extérieur | Surfaces en contact avec le sol ou des locaux non chauffés |
| Mur du bâtiment  | 0,140                               | 0,200  |
| Éléments de construction en contact avec le sol ou des zones non chauffées   | 0,175                               | 0,250  |
| Toit et fermeture horizontale supérieure du bâtiment   | 0,120                               | 0,170  |
| Fenêtre ou porte-fenêtre, y compris le cadre <sup>4) 5)</sup>  | 0,840                               | 1,210  |
| Coupole d'éclairage naturel  | 1,600                               | 2,310  |
| Porte, y compris le cadre  | 1,300                               | 1,880  |

Tableau 2 - Valeurs maximales des coefficients de transmission thermique  $[W/(m^2K)]$  pour les extensions de bâtiments fonctionnels inférieures ou égales à 25% du volume conditionné brut  $V_e$  total du bâtiment fonctionnel avant extension, pour lesquelles les exigences du chapitre 2 ne s'appliquent pas

Si, dans le cas des extensions visées ci-avant, il est dérogé au respect d'un ou de plusieurs coefficient(s) de transmission thermique  $U_{\max}$  du tableau 2, le respect d'un coefficient spécifique de transfert de chaleur par transmission spécifique à la température  $H'_T$  relatif à l'enveloppe thermique du bâtiment doit être prouvé pour l'extension complète :  $H'_T \leq H'_{T,\max}$ .

Le coefficient spécifique de transfert de chaleur par transmission  $H'_T$  relatif à l'enveloppe thermique du bâtiment et spécifique à la température est calculé de la manière suivante :

$$H'_T = \frac{\sum_i (A_i \cdot (U_i + \Delta U_{WB}) \cdot F_{X,i})}{\sum_i A_i}$$

$$H'_{T,\max} = \frac{\sum_i (A_i \cdot (U_{\max,i} + 0,05) \cdot F_{X,i})}{\sum_i A_i}$$

où :

|                 |             |  |
|-----------------|-------------|--|
| $H'_T$          | $W/(m^2 K)$ | est le coefficient spécifique de transfert de chaleur par transmission relatif à l'enveloppe thermique du bâtiment et spécifique à la température  |
| $H'_{T,\max}$   | $W/(m^2 K)$ | est le coefficient spécifique maximal de transfert de chaleur par transmission relatif à l'enveloppe thermique du bâtiment et spécifique à la température  |
| $A_i$           | $m^2$       | est la surface de l'élément de construction $i$ de l'enveloppe thermique du bâtiment   |
| $U_i$           | $W/(m^2 K)$ | est le coefficient de transmission thermique de l'élément de construction $i$ de l'enveloppe thermique du bâtiment   |
| $U_{\max,i}$    | $W/(m^2 K)$ | est le coefficient de transmission thermique maximal de l'élément de construction $i$ de l'enveloppe thermique du bâtiment selon le tableau 2  |
| $F_{X,i}$       | -           | est le facteur de correction de la température pour l'élément de construction $i$ de l'enveloppe thermique du bâtiment lequel est en contact avec des locaux très peu chauffés, avec le sol ou des locaux non chauffés |
| $\Delta U_{WB}$ | $W/(m^2 K)$ | est le facteur de correction des ponts thermiques conformément au chapitre 1.5 et à la norme DIN V 18599-2:2007, chapitre 6.2  |

Pour les éléments de construction en contact avec des locaux très peu chauffés, le sol ou des locaux non chauffés, la correction de la température doit être prise en compte avec des coefficients de correction de la température forfaitaires  $F_X$  selon la norme DIN V 18599-2:2007 tableau 3 ou avec un calcul détaillé selon la norme EN ISO 13370 ou EN ISO 13789.

Si la méthode des coefficients de correction de la température forfaitaires  $F_X$  est choisie, ceux-ci sont également à prendre en compte lors de la détermination de  $H'_{T,\max}$ . Si le calcul détaillé est choisi selon la norme EN ISO 13370 ou EN ISO 13789, alors les éléments de construction concernés sont à considérer comme étant en contact avec le climat extérieur selon le tableau 2 lors de la détermination de  $H'_{T,\max}$ .

Sans préjudice de la manière dont les exigences sont justifiées pour les extensions visées au point 11, les exigences minimales concernant les coefficients de transmission  $U_{\max}$  pour les éléments de construction du tableau 1 sont à respecter.

- 12) Les exigences minimales relatives aux coefficients de transmission thermique applicables aux éléments en contact avec des locaux très peu chauffés ou des locaux non chauffés à l'intérieur de parties du bâtiment fonctionnel du même utilisateur ne s'appliquent pas si l'incidence du non-respect de ces exigences minimales sur le besoin en chaleur de chauffage total du bâtiment fonctionnel entier est très faible, et si ces locaux se trouvent intégralement à l'intérieur de l'enveloppe thermique et de l'enveloppe d'étanchéité à l'air.
- 13) Les valeurs des coefficients de transmission thermique  $U$  des éléments de construction opaques sont à respecter en arrondissant à trois décimales près et celles pour les éléments de construction transparents en arrondissant à deux décimales près.

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

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

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

Le respect des exigences relatives à la protection thermique d'été doit être démontré pour les zones conditionnées se trouvant à l'intérieur de l'enveloppe thermique et à l'intérieur de l'enveloppe d'étanchéité à l'air qui présentent une efficacité de protection solaire équivalente. Dans ce chapitre, on entend par « zone » un espace servant exclusivement à déterminer les exigences au niveau de la protection thermique d'été. On considère que des zones présentent une efficacité de protection solaire équivalente lorsque la valeur du facteur de transmission énergétique total ( $g_{\text{tot}}$ ) de la protection solaire et du vitrage ne s'écarte pas de plus de  $\Delta g_{\text{tot}} = 0,1$ .

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

### 1.2.1 Preuve simplifiée

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

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

Cette méthode simplifiée ne peut pas être appliquée raisonnablement aux atriums, aux zones avec une large surface vitrée et aux systèmes d'isolation thermique transparents et elle ne prend pas en compte un refroidissement nocturne. Dans ces cas, il faut garantir une protection thermique d'été par des méthodes de calcul d'ingénierie plus précises. L'application de ces méthodes est généralement autorisée, voire recommandée en cas de concepts à ventilation nocturne.

### 1.2.2 Preuve par simulation

Dans le cas d'une preuve par simulation, les apports solaires doivent être limités de sorte à ce que la température ambiante, sans refroidissement actif, respecte les critères de preuve de l'exigence suivant tableau 3. Un refroidissement par freecooling avec une pompe à chaleur géothermique (geocooling) n'est pas considéré comme refroidissement actif dans ce cas. Pour prouver que les exigences pour la protection thermique d'été sont respectées, il faut réaliser le calcul avec des données climatiques du Luxembourg qui sont mises à disposition par le ministre.

#### 1.2.2.1 Conditions limites pour la preuve par simulation

En cas de vérification par un calcul de simulation, les conditions aux limites suivantes doivent être utilisées pour la simulation, quelle que soit l'utilisation réelle. Le calcul doit être effectué avec des méthodes de calcul appropriées. Dans le cas de calculs de simulation dynamique, les programmes utilisés doivent être validés selon BESTEST. Dans le cas de l'utilisation de règles analytiques pour la simulation horaire, des méthodes courantes sont autorisées, dont notamment des modèles de réseaux thermiques et / ou de nœuds tels que le modèle résistance-capacité des normes ISO 52016-1 et ISO 52017-1.

#### 1.2.2.2 Spécifications pour le calcul de la simulation<sup>1</sup>

La simulation prend en compte le weekend, mais pas les jours fériés ou périodes de vacances. La simulation doit s'étendre sur une année entière et commencer le 1<sup>er</sup> janvier sur base d'un calcul horaire. Le tableau 3 définit les exigences pour les conditions cadres des calculs et le tableau 5 (utilisation aux fins d'habitation) et le tableau 6 (utilisation comme bâtiment fonctionnel) définissent les profils standards à utiliser lors du calcul.

|                                       | Utilisation aux fins d'habitation  | Utilisation comme bâtiment fonctionnel   |
|---------------------------------------|--|--|
| Occupation par personne               | $A_n \leq 35 \text{ m}^2$<br>$n_{\text{Pers}} = 1$<br>$A_n > 35 \text{ m}^2 \text{ et } A_n < 300 \text{ m}^2$<br>$n_{\text{Pers}} = 3,9 - 180 / A_n + 2.942 / A_n^2$<br>$A_n \geq 300 \text{ m}^2$<br>$n_{\text{Pers}} = A_n / 46,5 \text{ m}^2$  | 20 m <sup>2</sup> / Personne (surface et A <sub>n</sub> )  |
| Émission de chaleur des personnes     | $q_{\text{Person(h)}} = 75 \text{ W / Personne} \cdot n_{\text{Pers}} \cdot f_{\text{p(h)}} / A_{\text{NGF}} [\text{W/m}^2]$   |  |
| Émission de chaleur des appareils     | $q_{\text{Gerate}} = \max(675; 1.677,3 \cdot n_{\text{Pers}}^{-0,495}) \cdot n_{\text{Pers}} / A_n [\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})]$<br>$h_{\text{VL}} = \sum_n f_{\text{i,n}} [\text{h/a}]; n = 1 - 8.760$<br>$q_{\text{Gerate(h)}} = q_{\text{Gerate}} / h_{\text{VL}} \cdot f_{\text{i(h)}} \cdot 10^{-3} [\text{W/m}^2]$ | $q_{\text{Gerate}} = 20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$<br>$h_{\text{VL}} = \sum_n f_{\text{i,n}} [\text{h/a}]; n = 1 - 8.760$<br>$q_{\text{Gerate(h)}} = q_{\text{Gerate}} / h_{\text{VL}} \cdot f_{\text{i(h)}} \cdot 10^{-3} [\text{W/m}^2]$ |
| Échange d'air hygiénique <sup>1</sup> | $n_{\text{WDWE}} = f_{\text{i(h)}} \cdot 0,30 [\text{h}^{-1}]$   | $n_{\text{WDWE}} = (f_{\text{i(h)}} \cdot 3,28 + 0,72 [\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2]) \cdot A_{\text{NGF}} [\text{m}^2] / V_{\text{Raum}} [\text{m}^3]$  |
| Preuve de l'exigence                  | $Kh_{\text{Tr}} \leq 1.650 \text{ Kh/a}$<br>En alternative :<br>Selon EN 15215, la classe de confort II n'est dépassée que pendant moins de 5 % du temps d'exploitation.   | $Kh_{\text{Tr}} \leq 660 \text{ Kh/a}$<br>En alternative :<br>Selon EN 15215, la classe de confort II n'est dépassée que pendant moins de 5 % du temps d'exploitation.   |

<sup>1</sup> Dans le cas de l'évaluation d'une pièce, les valeurs spécifiques du bâtiment doivent être déterminées et ces valeurs spécifiques doivent être appliquées à la pièce à évaluer.

|                      |   |  |
|----------------------|---|--|
| Temps d'exploitation | Les heures d'exploitation d'un an équivalent à<br>$\sum_n f_{u,n} = 8.760 \text{ h/a}$  | Les heures d'exploitation d'un an équivalent à<br>$\sum_n f_{u,n} = 2.871 \text{ h/a}$ |
| Divers               | Les aspects techniques et de physique du bâtiment doivent être pris en compte selon la planification de la construction (par exemple, infiltration, composants des parois, ombrage structurel, etc.). |  |

Tableau 3 - Spécifications pour le calcul

- 1) En tenant compte d'une récupération de chaleur éventuelle et en considérant le cas échéant les paramètres d'une régulation de bypass.

Les degrés-heures de surchauffe sont calculés selon la formule:

$$Kh_{T_r} = \sum_n f_{u,n} \cdot \max(0; T_{r,n} - T_{r,ref}) \quad \left[ \frac{Kh}{a} \right]$$

où :

|                 |                     |  |
|-----------------|---------------------|--|
| $A_n$           | $m^2$               | surface de référence énergétique du bâtiment   |
| $A_{NGF}$       | $m^2$               | surface nette de pièce ou de zone  |
| $f_{p(h)}$      | -                   | taux d'occupation par personne à l'heure h conformément au tableau 5 ou au tableau 6                           |
| $f_{i,n}$       | -                   | charge partielle des appareils à l'heure n conformément au tableau 5 ou au tableau 6                           |
| $f_{i,(h)}$     | -                   | charge partielle des appareils à l'heure h conformément au tableau 5 ou au tableau 6                           |
| $f_{i,(h)}$     | -                   | charge partielle du débit variable de la ventilation à l'heure h conformément au tableau 5 ou au tableau 6     |
| $f_{nl,(h)}$    | -                   | temps d'exploitation maximale de la ventilation nocturne à l'heure h conformément au tableau 5 ou au tableau 6 |
| $f_{u,n}$       | -                   | taux d'exploitation de la pièce à l'heure n  |
| $Kh_{T_r}$      | $Kh/a$              | degrés-heures de surchauffe par an au-dessus de 26°C pendant le temps d'exploitation                           |
| $T_{r,n}$       | °C                  | température calculée de la pièce à l'heure n   |
| $T_{r,ref}$     | $h/a$               | température de référence de la pièce pour le calcul des degrés-heures de surchauffe (26°C)                     |
| $h_{VL}$        | $h/a$               | heures de pleine charge des appareils  |
| $n_{Pers}$      | -                   | nombre de personnes dans le bâtiment de surface $A_n$  |
| $n_{WD/WE}$     | $h^{-1}$            | échange d'air pendant les jours avec et sans exploitation à l'heure h  |
| $V_{Raum}$      | $m^3$               | volume de la pièce   |
| $q_{Geräte}$    | $kWh/(m^2 \cdot a)$ | émission de chaleur des appareils pendant l'année  |
| $q_{Geräte(h)}$ | $W/m^2$             | émission de chaleur des appareils pendant l'heure h  |
| $q_{Person(h)}$ | $W/m^2$             | émission de chaleur des personnes pendant l'heure h  |

### 1.2.2.3 Documentation obligatoire du calcul

Lors d'une simulation dynamique, les éléments du tableau 4 sont à documenter. Le logiciel utilisé pour la simulation doit être mentionné dans la documentation.

|  |  |
|--|--|
| accumulation des heures de température | Représentation de l'accumulation des heures de température $h_x$ au-dessus de 24, 25, 26, 27, 28, 29 et 30 °C en h/a. Température maximale calculée $T_{max}$ en °C  |
| refroidissement nocturne               | Surface géométrique des ouvrants $A_{Fe,geo}$ liée à la zone de référence énergétique respectivement à la surface de plancher nette respective $A_n$ en $m^2_{Fe,geo}/m^2_{An}$ . La ventilation nocturne peut seulement être utilisée dans la simulation pendant les temps d'exploitation maximale de la ventilation nocturne conformément au tableau 5 ou au tableau 6.<br>Spécification des paramètres de contrôle pour la ventilation par des ouvrants. Ce sont notamment les températures ambiante et extérieure pour l'ouverture et la fermeture des ouvrants en °C, temps d'utilisation possible et éventuellement d'autres paramètres à respecter (par exemple le vent, la pluie). |
| protection contre le soleil            | Paramètre de réglage pour la protection solaire. Il s'agit notamment de la valeur du seuil d'activation de l'intensité d'irradiation $I_{SS}$ sur la façade en $W/m^2$ et de la température extérieure $T_{e,SS}$ , à partir du moment où le système de protection solaire est utilisé.  |

Tableau 4 - Éléments à documenter lors d'une simulation dynamique

où :

|              |         |   |
|--------------|---------|---|
| $A_{Fe,geo}$ | $m^2$   | surface géométrique ouvrable de l'ouvrant pour la ventilation nocturne                        |
| $h_x$        | h/a     | température intérieure pendant une heure  |
| $I_{SS}$     | $W/m^2$ | l'intensité d'irradiation solaire sur la façade   |
| $T_{max}$    | °C      | température intérieure calculée maximale pendant l'année                                      |
| $T_{e,SS}$   | °C      | la température extérieure, à partir du moment où le système de protection solaire est utilisé |

La distribution temporelle de l'exploitation du bâtiment, des gains internes des appareils et d'autres paramètres du profil standard sont définis dans le tableau 5 (pour des bâtiments d'habitation) et au tableau 6 (pour des bâtiment fonctionnels).

| h     | exploitation du bâtiment $f_u$ |      | charge interne (appareils) $f_i$ |      | occupation par personnes $f_p$ |      | ventilation $f_l$ |      | ventilation nocturne $f_{nl}$ |      |
|-------|--------------------------------|------|----------------------------------|------|--------------------------------|------|-------------------|------|-------------------------------|------|
|       | WD                             | WE   | WD                               | WE   | WD                             | WE   | WD                | WE   | WD                            | WE   |
| 0-1   | 1,00                           | 1,00 | 0,22                             | 0,29 | 1,00                           | 1,00 | 1,00              | 1,00 | 1,00                          | 1,00 |
| 1-2   | 1,00                           | 1,00 | 0,19                             | 0,22 | 1,00                           | 1,00 | 1,00              | 1,00 | 1,00                          | 1,00 |
| 2-3   | 1,00                           | 1,00 | 0,18                             | 0,19 | 1,00                           | 1,00 | 1,00              | 1,00 | 1,00                          | 1,00 |
| 3-4   | 1,00                           | 1,00 | 0,18                             | 0,18 | 1,00                           | 1,00 | 1,00              | 1,00 | 1,00                          | 1,00 |
| 4-5   | 1,00                           | 1,00 | 0,20                             | 0,18 | 1,00                           | 1,00 | 1,00              | 1,00 | 1,00                          | 1,00 |
| 5-6   | 1,00                           | 1,00 | 0,32                             | 0,18 | 1,00                           | 1,00 | 1,00              | 1,00 | 1,00                          | 1,00 |
| 6-7   | 1,00                           | 1,00 | 0,47                             | 0,24 | 1,00                           | 1,00 | 1,00              | 1,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 7-8   | 1,00                           | 1,00 | 0,56                             | 0,36 | 0,85                           | 0,85 | 1,00              | 1,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 8-9   | 1,00                           | 1,00 | 0,57                             | 0,55 | 0,75                           | 0,75 | 1,00              | 1,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 9-10  | 1,00                           | 1,00 | 0,54                             | 0,69 | 0,65                           | 0,65 | 1,00              | 1,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 10-11 | 1,00                           | 1,00 | 0,53                             | 0,80 | 0,50                           | 0,50 | 1,00              | 1,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 11-12 | 1,00                           | 1,00 | 0,58                             | 0,85 | 0,50                           | 0,50 | 1,00              | 1,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 12-13 | 1,00                           | 1,00 | 0,59                             | 0,77 | 0,50                           | 0,50 | 1,00              | 1,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 13-14 | 1,00                           | 1,00 | 0,53                             | 0,63 | 0,50                           | 0,50 | 1,00              | 1,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 14-15 | 1,00                           | 1,00 | 0,48                             | 0,53 | 0,65                           | 0,65 | 1,00              | 1,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 15-16 | 1,00                           | 1,00 | 0,45                             | 0,46 | 0,65                           | 0,65 | 1,00              | 1,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 16-17 | 1,00                           | 1,00 | 0,47                             | 0,45 | 0,65                           | 0,65 | 1,00              | 1,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 17-18 | 1,00                           | 1,00 | 0,57                             | 0,54 | 0,85                           | 0,85 | 1,00              | 1,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 18-19 | 1,00                           | 1,00 | 0,69                             | 0,65 | 1,00                           | 1,00 | 1,00              | 1,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 19-20 | 1,00                           | 1,00 | 0,72                             | 0,68 | 1,00                           | 1,00 | 1,00              | 1,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 20-21 | 1,00                           | 1,00 | 0,67                             | 0,63 | 1,00                           | 1,00 | 1,00              | 1,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 21-22 | 1,00                           | 1,00 | 0,58                             | 0,56 | 1,00                           | 1,00 | 1,00              | 1,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 22-23 | 1,00                           | 1,00 | 0,46                             | 0,44 | 1,00                           | 1,00 | 1,00              | 1,00 | 1,00                          | 1,00 |
| 23-24 | 1,00                           | 1,00 | 0,32                             | 0,31 | 1,00                           | 1,00 | 1,00              | 1,00 | 1,00                          | 1,00 |

Tableau 5 - Facteur du profil standard pour un bâtiment d'habitation (WD = jour d'exploitation; WE = week-end)

| h     | exploitation du bâtiment $f_u$ |      | charge interne (appareils) $f_i$ |      | occupation par personnes $f_p$ |      | ventilation $f_v$ |      | ventilation nocturne $f_{ni}$ |      |
|-------|--------------------------------|------|----------------------------------|------|--------------------------------|------|-------------------|------|-------------------------------|------|
|       | WD                             | WE   | WD                               | WE   | WD                             | WE   | WD                | WE   | WD                            | WE   |
| 0-1   | 0,00                           | 0,00 | 0,25                             | 0,24 | 0,00                           | 0,00 | 0,00              | 0,00 | 1,00                          | 1,00 |
| 1-2   | 0,00                           | 0,00 | 0,23                             | 0,21 | 0,00                           | 0,00 | 0,00              | 0,00 | 1,00                          | 1,00 |
| 2-3   | 0,00                           | 0,00 | 0,22                             | 0,19 | 0,00                           | 0,00 | 0,00              | 0,00 | 1,00                          | 1,00 |
| 3-4   | 0,00                           | 0,00 | 0,25                             | 0,18 | 0,00                           | 0,00 | 0,00              | 0,00 | 1,00                          | 1,00 |
| 4-5   | 0,00                           | 0,00 | 0,29                             | 0,19 | 0,00                           | 0,00 | 0,00              | 0,00 | 1,00                          | 1,00 |
| 5-6   | 0,00                           | 0,00 | 0,31                             | 0,19 | 0,00                           | 0,00 | 0,00              | 0,00 | 1,00                          | 1,00 |
| 6-7   | 0,00                           | 0,00 | 0,40                             | 0,21 | 0,00                           | 0,00 | 1,00              | 0,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 7-8   | 1,00                           | 0,00 | 0,63                             | 0,22 | 1,00                           | 0,00 | 1,00              | 0,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 8-9   | 1,00                           | 0,00 | 0,83                             | 0,24 | 1,00                           | 0,00 | 1,00              | 0,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 9-10  | 1,00                           | 0,00 | 0,90                             | 0,27 | 1,00                           | 0,00 | 1,00              | 0,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 10-11 | 1,00                           | 0,00 | 0,92                             | 0,30 | 1,00                           | 0,00 | 1,00              | 0,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 11-12 | 1,00                           | 0,00 | 0,89                             | 0,32 | 0,75                           | 0,00 | 1,00              | 0,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 12-13 | 1,00                           | 0,00 | 0,79                             | 0,33 | 0,50                           | 0,00 | 1,00              | 0,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 13-14 | 1,00                           | 0,00 | 0,72                             | 0,32 | 0,75                           | 0,00 | 1,00              | 0,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 14-15 | 1,00                           | 0,00 | 0,73                             | 0,29 | 1,00                           | 0,00 | 1,00              | 0,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 15-16 | 1,00                           | 0,00 | 0,77                             | 0,26 | 1,00                           | 0,00 | 1,00              | 0,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 16-17 | 1,00                           | 0,00 | 0,77                             | 0,28 | 1,00                           | 0,00 | 1,00              | 0,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 17-18 | 1,00                           | 0,00 | 0,68                             | 0,33 | 1,00                           | 0,00 | 1,00              | 0,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 18-19 | 0,00                           | 0,00 | 0,51                             | 0,36 | 0,00                           | 0,00 | 1,00              | 0,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 19-20 | 0,00                           | 0,00 | 0,41                             | 0,37 | 0,00                           | 0,00 | 0,00              | 0,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 20-21 | 0,00                           | 0,00 | 0,37                             | 0,35 | 0,00                           | 0,00 | 0,00              | 0,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 21-22 | 0,00                           | 0,00 | 0,34                             | 0,31 | 0,00                           | 0,00 | 0,00              | 0,00 | 0,00                          | 0,00 |
| 22-23 | 0,00                           | 0,00 | 0,32                             | 0,28 | 0,00                           | 0,00 | 0,00              | 0,00 | 1,00                          | 1,00 |
| 23-24 | 0,00                           | 0,00 | 0,29                             | 0,28 | 0,00                           | 0,00 | 0,00              | 0,00 | 1,00                          | 1,00 |

Tableau 6 - Facteur du profil standard pour un bâtiment fonctionnel (WD = jour d'exploitation; WE = week-end)

### 1.2.3 Détermination de la transmittance solaire

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

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

où

|                    |                |   |
|--------------------|----------------|---|
| $t_s$              | [-]            | est la transmittance solaire des éléments de construction extérieurs d'un local   |
| $A_{Fe,(O,S,W),i}$ | m <sup>2</sup> | est la surface des fenêtres i (dimensions intérieures brutes (gros-œuvre)) orientées vers le nord-est en passant par le sud jusqu'au nord-ouest ( $45^\circ \leq x \leq 315^\circ$ )  |
| $A_{Fe,N,i}$       | m <sup>2</sup> | est la surface des fenêtres orientées vers le nord-ouest en passant par le nord jusqu'au nord-est ( $315^\circ < x < 45^\circ$ ) et les surfaces des fenêtres toujours à l'ombre du rayonnement direct (dimensions intérieures brutes (gros-œuvre)) |
| $A_{Fe,H,i}$       | m <sup>2</sup> | est la surface des fenêtres i horizontales ou inclinées ou des éléments de construction transparents i avec $0^\circ \leq \text{inclinaison} \leq 60^\circ$ (dimensions intérieures brutes (gros-œuvre))  |
| $g_{tot,i}$        | [-]            | est le facteur de transmission énergétique total (vitrage, protection solaire) de la fenêtre i pour une incidence verticale du rayonnement conformément au chapitre 1.2.5   |
| $F_{S,i}$          | [-]            | est le facteur d'ombrage pour l'ombrage dû aux constructions pour les fenêtres i conformément à la norme DIN V 18599-2:2011-12, chapitre 6.4.1. Si aucun ombrage dû aux constructions existe, alors $F_{S,i}$ est égal à 1;                         |
| $A_{NGF,R}$        | m <sup>2</sup> | est la surface de plancher nette du local considérée lors de la détermination de la transmittance solaire   |

### 1.2.4 Exigence minimale relative à la transmittance solaire

La transmittance solaire  $t_s$  d'un local ne doit pas dépasser la valeur limite de la transmittance solaire  $t_{s,max}$  mentionnée dans le tableau 7.

$$t_s \leq t_{s,max}$$

La valeur limite  $t_{s,max}$  dépend du type de construction visé au chapitre 1.2.6 et du quotient de la profondeur du local par la hauteur du local  $f_{a/h}$  visé au chapitre 1.2.7.

Le respect de cette exigence minimale ne pourra garantir un confort thermique en été uniquement en combinaison avec la possibilité d'un refroidissement nocturne par fenêtres (à ouverture/fermeture automatique ou manuelle).

S'il s'agit d'une vitrine d'un magasin à travers laquelle les passants peuvent regarder et qui est au niveau des passants et si la transmittance solaire  $t_s$  dépasse la valeur limite de la transmittance solaire  $t_{s,max}$  mentionnée dans le tableau 7, l'exigence minimale relative à la transmittance solaire est respectée par dérogation du premier alinéa si la valeur  $g$  de tous les vitrages de ce local ne dépasse pas la valeur 0,35.

S'il s'agit d'une fenêtre d'un local avec un bassin et si la transmittance solaire  $t_s$  dépasse la valeur limite de la transmittance solaire  $t_{s,max}$  mentionnée dans le tableau 7, l'exigence minimale relative à la transmittance solaire est respectée par dérogation du premier alinéa si la valeur  $g$  de tous les vitrages de ce local ne dépasse pas la valeur 0,55.

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

Tableau 7 - Valeur limite de la transmittance solaire  $t_{s,max}$

Les valeurs intermédiaires de  $t_{s,max}$  qui ne sont pas reprises dans le tableau 7 et les valeurs de  $f_{a/h} > 5$  peuvent être obtenues au moyen des équations suivantes:

construction légère: 
$$t_{s,max} = 0,0624 \cdot f_{a/h}^{-0,1680}$$

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

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

Si le pourcentage de la surface de fenêtre rapportée à la surface de plancher nette considérée lors de la détermination de la transmittance solaire dans un local « critique » est inférieur ou égal aux valeurs indiquées dans le tableau 8 la protection thermique d'été est considérée comme garantie et il n'est pas nécessaire de démontrer l'exigence minimale relative à la protection thermique d'été pour ce local.

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

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

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

Tableau 8 - Valeurs limites du pourcentage de surface de fenêtre par rapport à la surface de plancher nette considérée lors de la détermination de la transmittance solaire d'un local critique à partir duquel la protection thermique d'été est considérée comme étant garantie sans avoir à le démontrer

### 1.2.5 Facteur de transmission énergétique totale, $g_{tot}$

Les tableaux 1 et 2 de l'annexe III fournissent des valeurs standards pour le facteur de transmission énergétique totale  $g_{tot}$  pour des systèmes de protection solaire courants et différents vitrages. Les tableaux 3 et 4 de l'annexe III fournissent des valeurs standards pour le facteur de transmission lumineuse totale  $\tau_{v,tot}$  pour des systèmes de protection solaire courants et différents vitrages. En alternative, le facteur  $g_{tot}$  et  $\tau_{v,tot}$  peut être déterminé conformément aux normes EN ISO 52022 ou conformément à la DIN V 18599-2. Pour les systèmes qui ne peuvent pas être représentés de cette manière, le facteur  $g_{tot}$  peut être celui indiqué dans les données garanties par le fabricant.

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

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

Le type de construction peut être déterminé de manière simplifiée à l'aide du tableau 9.

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

Tableau 9 - Détermination simplifiée du type de construction

En vue de simplifier la classification, les éléments de construction peuvent être considérés comme étant en dur lorsque leur masse surfacique est supérieure à 100 kg/m<sup>2</sup> en tenant uniquement compte des couches des éléments de construction qui se trouvent à l'intérieur de l'épaisseur effective. L'épaisseur effective  $d_T$  d'un élément de construction est la plus petite des valeurs suivantes:

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

En alternative, il est possible de déterminer le type de construction et la capacité d'accumulation thermique effective  $C_{wirk}$  conformément à la norme DIN 4108-2. Dans ce cas, il faut appliquer les limites de classe visées au tableau 10 pour déterminer le type de construction.

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

Tableau 10 - Classification du type de construction d'après la capacité d'accumulation thermique effective  $C_{wirk}$  conformément à la norme DIN 4108-2



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

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

$$f_{a/h} = \frac{a_R}{h_R}$$

où :

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

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

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

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

$$a_R = \frac{A_{NGF,R}}{b_R}$$

où :

|             |                |   |
|-------------|----------------|---|
| $A_{NGF,R}$ | m <sup>2</sup> | est la surface de plancher nette considérée lors de la détermination de la transmittance solaire; |
| $b_R$       | m              | est la longueur de la façade principale   |

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

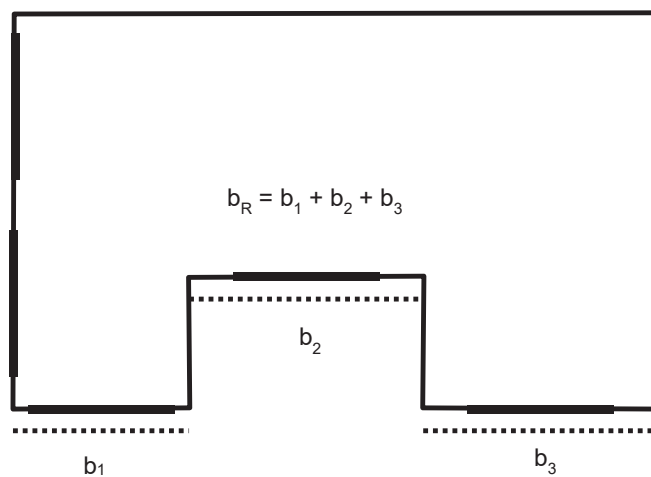


Figure 1 - Détermination de la façade principale

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

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

$$h_R = \frac{\sum_j (h_{R,j} \cdot A_{NGF,R,j})}{A_{NGF,R}}$$

où :

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

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

### 1.3 Étanchéité à l'air du bâtiment

Les bâtiments doivent être conçus de sorte que la surface de l'enveloppe thermique A du bâtiment, y compris les joints/jointures, soient durablement étanches à l'air, conformément à l'état de la technique. Lors de l'exécution de l'étanchéité à l'air du bâtiment, une attention particulière doit être prêtée aux constructions légères sur des constructions en dur et aux passages à travers le niveau étanche à l'air du bâtiment et aux installations techniques. Le niveau d'étanchéité à l'air doit être reporté sur les plans de construction à fournir conformément au chapitre 4.

Pour les bâtiments dont le volume brut  $V_e$  est plus grand que 1.500 m<sup>3</sup>, le débit volumétrique mesuré pour une différence de pression de 50 Pa par rapport à la surface de l'enveloppe du bâtiment (appelé aussi valeur de l'étanchéité à l'air  $q_{50}$ , valeur permettant de mesurer une surpression et une dépression) doit être inférieur ou égal aux valeurs limites indiquées dans le tableau 11.

Pour les bâtiments dont le volume brut  $V_e$  est plus petit ou égal à 1.500 m<sup>3</sup>, le débit volumétrique mesuré pour une différence de pression de 50 Pa par rapport au volume conditionné net  $V_n$  (appelé aussi valeur de l'étanchéité à l'air  $n_{50}$ , valeur permettant de mesurer une surpression et une dépression) doit être inférieur ou égal aux valeurs limites indiquées dans le tableau 11.

La surface de l'enveloppe du bâtiment ou de la partie du bâtiment est la surface totale de tous les sols, les murs et les plafonds qui englobent le volume conditionné à analyser. Les murs et les sols sous le niveau de la terre sont inclus. Les conditions générales de la norme EN ISO 9972 s'appliquent.

| Exigences minimales |  | $V_e > 1.500 \text{ m}^3$<br>Valeur limite $q_{50}$<br>$\text{m}^3/(\text{h m}^2)^{1)}$ | $V_e \leq 1.500 \text{ m}^3$<br>Valeur limite $n_{50}$<br>$1/\text{h}^{1)}$ |
|---------------------|--|---|---|
| 1                   | Bâtiments sans centrales de traitement d'air   | $\leq 5,0$  | $\leq 3,0$  |
| 2                   | Bâtiments équipés de centrales de traitement d'air en tant qu'installations de reprise d'air             | $\leq 3,0$  | $\leq 1,5$  |
| 3                   | Bâtiments équipés de centrales de traitement d'air en tant qu'installations d'amenée et de reprise d'air | $\leq 2,0$  | $\leq 1,0$  |

Tableau 11 - Valeurs limites de  $q_{50}$  et  $n_{50}$

- 1) Les valeurs limites de  $q_{50}$  et  $n_{50}$  sont à respecter en arrondissant à une décimale près.
- 2) Un bâtiment équipé d'une centrale de traitement d'air est un bâtiment dans lequel la majeure partie du débit volumétrique de renouvellement d'air requis au cours de la période de chauffage ou de refroidissement est fournie au moyen d'une installation de ventilation mécanique (installation d'amenée et de reprise d'air, installation de reprise d'air, etc.). Si un bâtiment est doté d'installations de reprise d'air et d'installations d'amenée et de reprise d'air, les exigences minimales dépendent du système qui fournit la part la plus importante du débit volumétrique de renouvellement d'air requis.
- 3) Si des valeurs inférieures à celles visées au tableau 11 sont utilisées pour l'étanchéité à l'air du bâtiment dans les calculs de performance énergétique, il faut présenter une preuve de l'étanchéité à l'air du bâtiment ou des parties du bâtiment après achèvement de la construction. Les procédés

de mesure de la norme EN ISO 9972 selon la méthode 1 s'appliquent (test de l'étanchéité à l'air du bâtiment). Pour le contrôle/garantie de qualité pendant la phase de construction un test d'étanchéité à l'air selon la méthode 2 est recommandé.

- 4) En cas de modification d'un bâtiment fonctionnel, on considère que les exigences minimales relatives à l'étanchéité à l'air du bâtiment sont remplies lorsque les nouveaux éléments de construction et leurs raccords respectent les recommandations d'exécution de la norme DIN 4108-7. La prise en considération de ces détails doit être confirmée.

Dans la phase de planification les valeurs standard suivantes peuvent être utilisées lors du calcul de performance énergétique.

| Classe d'étanchéité à l'air du bâtiment | $V_e > 1.500 \text{ m}^3$<br>Valeur limite $q_{50}$<br>$\text{m}^3/(\text{h m}^2)$ | $V_e \leq 1.500 \text{ m}^3$<br>Valeur limite $n_{50}$<br>$\text{m}^3/(\text{h m}^2)$ |
|---|--|---|
| Classe d'étanchéité à l'air A           | 0,9  | 0,6   |
| Classe d'étanchéité à l'air B           | 1,6  | 1,0   |
| Classe d'étanchéité à l'air C           | 2,0  | 1,5   |
| Classe d'étanchéité à l'air D           | 3,0  | 2,0   |
| Classe d'étanchéité à l'air E           | 4,0  | 2,5   |
| Classe d'étanchéité à l'air F           | 5,0  | 3,0   |

Tableau 12 – Valeurs standard pour l'étanchéité à l'air de bâtiments selon classe d'étanchéité

#### 1.4 Production de chaleur utile

Pour la production d'énergie thermique utile, aucun chauffage électrique direct ne peut être utilisé comme chauffage principal du bâtiment. Un chauffage électrique direct partiel est possible, par exemple pour la protection contre le gel ou le chauffage des salles de bain et pour la production d'eau chaude sanitaire.

#### 1.5 Mesures en vue d'éviter les ponts thermiques

Les bâtiments doivent être conçus et réalisés de façon à minimiser les ponts thermiques. En cas de ponts thermiques bidimensionnels, il faut respecter au minimum les recommandations d'exécution de la norme DIN 4108 - Supplément 2 ou il y a lieu de démontrer l'équivalence conformément à la norme DIN 4108 - Supplément 2 qui est à joindre au calcul de performance énergétique.

#### 1.6 Conduites d'eau chaude sanitaire, de distribution de chaleur/froid et gaines de ventilation

La déperdition d'énergie à travers les conduites d'eau chaude sanitaire (ECS) et de distribution de chaleur ainsi qu'à travers la robinetterie doit être limitée grâce à une isolation thermique conformément au tableau 13.

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

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

Tableau 13 - Isolation thermique des conduites d'eau chaude sanitaire et de distribution de chaleur ainsi que de la robinetterie

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

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

Pour les conduites de circulation qui, en raison des exigences plus strictes en matière de prévention de la légionellose, doivent en permanence être exploitées à des températures d'eau chaude élevées, il faut appliquer des exigences 1,5 fois plus élevées pour l'épaisseur minimale de la couche d'isolation que celles prévues dans le tableau 13.

Pour les conduites qui sont posées à l'extérieur, il y a lieu de respecter le double des épaisseurs minimales prévues dans le tableau 13.

Les conduites destinées à l'approvisionnement et à la distribution du froid, qui ne traversent pas la zone à desservir, doivent être isolées conformément aux exigences suivantes<sup>2</sup>:

- pour un diamètre inférieur ou égal à DN 40, avec 50% du diamètre;
- pour un diamètre compris entre DN 40 et DN 80, avec 25 mm;
- pour un diamètre supérieur à DN 80, avec 32 mm;

lorsque la différence de température entre la température du fluide et la température ambiante<sup>3</sup> est supérieure à 6 K.

Les gaines de ventilation d'air traité qui se trouvent à l'intérieur du bâtiment mais qui ne traversent pas la zone à desservir doivent être isolées<sup>1</sup> avec une couche d'au moins 30 mm d'épaisseur, lorsque la différence de température entre la température de l'air fourni et la température ambiante du local/de la zone<sup>4</sup> est supérieure à 4 K.

Les gaines de ventilation d'air traité posées dans une zone non chauffée doivent être isolées<sup>1</sup> avec une couche d'au moins 80 mm d'épaisseur.

Les gaines de ventilation d'air traité en contact avec l'air extérieur doivent être isolées<sup>2</sup> avec une couche d'au moins 160 mm d'épaisseur. Les puits dont l'air extérieur se trouve à l'intérieur du bâtiment doivent être traités comme des composants extérieurs du bâtiment.

Les gaines de ventilation pour la prise de l'air neuf et le rejet de l'air vicié doivent être isolées avec une couche d'au moins 80 mm d'épaisseur lorsqu'elles circulent dans l'enveloppe thermique.

Sans préjudice des prescriptions susmentionnées, il faut prendre toutes les mesures nécessaires afin d'éviter toute formation de condensation dans les conduites, les gaines ou les composants des installations.

<sup>2</sup> Pour une conductivité thermique utile de 0,035 W/mK

<sup>3</sup> Température ambiante : température ambiante de consigne de refroidissement  $\vartheta_{i,c,soil}$ : conditions générales relatives aux températures selon les profils d'utilisation conformément à la norme DIN V 18599 - Partie 10

<sup>4</sup> Température ambiante : température ambiante de consigne de refroidissement  $\vartheta_{i,c,soil}$  et/ou température ambiante de consigne de chauffage  $\vartheta_{i,h,soil}$ : conditions générales relatives aux températures selon les profils d'utilisation conformément à la norme DIN V 18599 - Partie 10

### 1.7 Réservoir de chaleur, de froid et d'eau chaude sanitaire

Toute installation destinée à accumuler la chaleur et/ou le froid doit être exécutée de manière à limiter les déperditions de chaleur des pièces de raccordement à l'accumulateur conformément au chapitre 1.6. Les raccords dans la moitié supérieure de l'accumulateur doivent être réalisés vers le bas ou comme thermosiphon.

### 1.8 Centrales de traitement d'air

Le rendement thermique d'un récupérateur de chaleur ne doit pas être inférieur à une valeur de 60 % conformément à la norme EN 308 (degré de variation de la température). Par ailleurs, il faut tenir compte des normes en matière d'hygiène.

En règle générale, pour des raisons énergétiques et afin de réduire le bruit, les connexions et les raccords qui entravent l'écoulement sont à éviter. Cela concerne en particulier toutes les sorties d'un système de gaines dans lequel, par exemple, les sorties à angle droit entravent l'écoulement. Il est recommandé de réaliser des angles moins aigus. Plus le rapport de la longueur sur la largeur des gaines rectangulaires est important, plus ces gaines sont défavorables ; il faut impérativement éviter des rapports supérieurs à 5:1.

Pour les installations dimensionnées pour un débit volumétrique supérieur à 1.000 m³/h, il faut appliquer les exigences minimales relatives à la performance énergétique de la ventilation ci-dessous.

Dans le cadre d'une méthode de calcul simplifiée, il faut respecter les vitesses de l'air visées au tableau 14 et le rendement global par ventilateur visé au tableau 15. Pour les éléments encastrés, il faut respecter les pertes de charge conformément à la norme EN 13779, tableau A.8 de la catégorie « Normal ».

| Zone                             | Débit volumétrique en m³/h | Vitesse de l'air en m/s   |
|----------------------------------|----------------------------|---|
| Dans les groupes de ventilation  | Tous                       | ≤ 1,8 m/s   |
| Dans les gaines                  | ≤ 1.000 m³/h               | ≤ 2,7 m/s   |
|                                  | < 2.000 m³/h               | ≤ 3,6 m/s   |
|                                  | < 4.000 m³/h               | ≤ 4,5 m/s   |
|                                  | < 10.000 m³/h              | ≤ 5,4 m/s   |
|                                  | ≥ 10.000 m³/h              | ≤ 6,3 m/s   |
| Dans une centrale de ventilation | Tous                       | Valeurs maximales identiques à celles indiquées dans les lignes « Dans les gaines » + 0,9 m/s |

Tableau 14 - Valeurs limites des vitesses des installations de ventilation

|   |
|---|
| Sans préjudice des directives européennes sur l'efficacité, le rendement global $\eta_{\text{tot}}$ par ventilateur ou pour la valeur moyenne pondérée des ventilateurs d'amenée et de reprise d'air en fonction du débit volumétrique de conception $q_{\text{fan}}$ en m³/h est : |
| $\eta_{\text{tot}} = 0,18 \cdot q_{\text{fan}}^{0,13}$ avec un maximum de 0,68  |

Tableau 15 - Valeurs limites du rendement global des ventilateurs

Le rendement global des ventilateurs  $\eta_{\text{tot}}$  (également appelé « rendement du système ») est le produit de tous les rendements partiels : rendement du ventilateur, rendement de l'entraînement (courroies trapézoïdales, courroies plates, etc.), rendement du moteur et rendement du convertisseur de fréquence.

Alternativement à la méthode du calcul simplifiée, les exigences minimales relatives à la performance de la ventilation sont satisfaites lorsque, pour les installations de ventilation, la puissance absorbée spécifique (SFP)

- d'un ventilateur; ou
- la valeur moyenne pondérée de la puissance électrique de tous les ventilateurs d'amenée et de reprise d'air rapportée au débit volumétrique de conception correspondant,

respecte la valeur limite de la catégorie SFP 4 conformément à la norme DIN EN 13779: 2009-09. La valeur limite de la classe SFP 4 peut être corrigée conformément à la norme ILNAS EN 16798-3 :2017 chapitre 9.5.2.2 pour les filtres HEPA et les filtres à gaz ainsi que les récupérations thermiques des classes H1 conformément à la norme DIN EN 13053.

### 1.9 Systèmes de réglage

Les systèmes nécessaires au réglage des composants ci-après doivent respecter les exigences minimales suivantes :

- a) installation de production de chaleur: les installations de production de chaleur doivent être réglées en fonction de la température extérieure ou d'une autre grandeur de référence appropriée et du temps.
- b) température ambiante: la température ambiante doit pouvoir être réglée selon le local. La température ambiante ne doit pas pouvoir être réglée selon le local, mais doit pouvoir être réglée par zone dans les cas suivants :
  - 1) si les locaux sont directement connectés et l'air peut facilement circuler entre les locaux ;
  - 2) si la température ambiante définie dans les locaux ne diffère pas, à condition que la classe de protection thermique soit une classe B ou meilleure ;
  - 3) pour les systèmes de chauffage de surface intégrés aux composants dans lesquels la différence de température entre la température de surface des surfaces de chauffage et la température ambiante souhaitée est  $\leq 4$  K et pour les systèmes de refroidissement de surface dans lesquels la différence de température entre la température de surface des surfaces de refroidissement et la température ambiante souhaitée est  $\leq 4$  K ;
- c) préparation d'eau chaude sanitaire: le réglage de la circulation doit pouvoir être effectué en fonction du temps et/ou des besoins. Des exceptions sont admises si des exigences plus élevées sont posées à la température minimale de fonctionnement dans le cadre d'une prévention de la légionellose.
- d) pompes: les pompes et les dispositifs de transfert doivent être réglés en fonction du temps et/ou des besoins.
- e) humidification et déshumidification: le réglage des dispositifs d'humidification et de déshumidification doit permettre un paramétrage séparé des valeurs de consigne de l'humidification et de la déshumidification. L'humidité de la pièce / du bâtiment (dans ce cas, celle de l'air évacué) doit généralement être utilisée comme paramètre de contrôle.

### 1.10 Dispositifs de mesure

Afin de pouvoir déterminer les données relatives à la consommation nécessaires à l'établissement du certificat de performance énergétique visé au chapitre 5.1.4, il faut prévoir les dispositifs de mesure appropriés.

Il est recommandé d'installer des compteurs supplémentaires pour effectuer un mesurage individuel des différentes consommations pour les systèmes techniques tels que l'éclairage, la ventilation, l'approvisionnement en froid et les consommateurs d'énergie individuels importants. Outre une évaluation différenciée de la performance, il est ainsi possible de procéder à un suivi et une optimisation du comportement en service.

### 1.11 Dispositifs de charge pour voitures électriques ou hybrides rechargeables

Pour les bâtiments fonctionnels, les emplacements de stationnement intérieurs et les emplacements extérieurs doivent être conçus et équipés de manière à pouvoir accueillir ultérieurement un dispositif de charge pour véhicules électriques ou hybrides rechargeables.

Un emplacement de stationnement sur quatre, mais au moins un emplacement de stationnement si le nombre d'emplacements est inférieur à quatre, doit disposer d'un précâblage approprié ou de deux conduits selon le concept de câblage prévu. Un de ces conduits devra pouvoir accueillir ultérieurement un câble électrique

menant au tableau de distribution principal et l'autre conduit devra pouvoir accueillir un câble pour la transmission de données menant vers l'armoire de comptage ou vers l'emplacement du système de gestion de la puissance de charge.

Un précâblage ou un conduit supplémentaire pour la pose d'un câble pour la transmission de données est à prévoir entre le point de terminaison d'un opérateur de réseau de communication public et le tableau de distribution principal respectivement l'emplacement du système de gestion de la puissance de charge.

Selon le concept de câblage choisi, le tableau de distribution principal ou, le cas échéant, les tableaux de départs individuels doivent disposer d'un espace libre afin de pouvoir accueillir ultérieurement des appareils de protection supplémentaires pour le raccordement des dispositifs de charge.

Pour les bâtiments fonctionnels pour lesquels le nombre d'emplacements de stationnement est supérieur à dix et inférieur ou égal à vingt, au moins un emplacement de stationnement doit disposer d'un point de charge.

Pour les bâtiments fonctionnels pour lesquels le nombre d'emplacements de stationnement est supérieur à vingt, au moins trois emplacements de stationnement sur vingt doivent disposer d'un point de charge.

Pour les bâtiments fonctionnels pour lesquels le nombre d'emplacements de stationnement est supérieur à vingt emplacements, un système de gestion intelligente de charge doit être installé. Ce système gère l'ensemble des points de charge derrière un même point de raccordement de façon à limiter le prélèvement simultané de puissance à une valeur qui ne peut pas dépasser la capacité mise à disposition par le gestionnaire de réseau au point de raccordement et doit être capable d'intégrer un nombre de points de charge équivalent au moins au nombre de points de charge obligatoires, tel que défini par le présent règlement.

Le nombre total de points de charge obligatoires pour un bâtiment fonctionnel est limité à 25 points de charge.

### 1.12 Dispositifs techniques pour les installations photovoltaïques

Les bâtiments fonctionnels sont équipés d'un conduit pouvant accueillir ultérieurement un câblage électrique adapté pour une installation photovoltaïque

- entre chaque surface de toiture techniquement exploitable et l'endroit pouvant potentiellement accueillir les onduleurs d'une telle installation ;
- entre l'endroit prémentionné et le tableau de distribution principal respectivement l'armoire de comptage.

### 1.13 Systèmes d'automatisation et de contrôle

Les bâtiments fonctionnels ayant des systèmes de chauffage, des systèmes de chauffage et de ventilation, des systèmes de climatisation ou des systèmes de climatisation et de ventilation des locaux combinés d'une puissance nominale utile  $P_{ch,cl,sac}$ , supérieure à la valeur applicable telle que définie dans le tableau 16 ci-dessous, sont équipés de systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiments.

Les systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiments sont capables :

- a) de suivre, d'enregistrer et d'analyser en continu la consommation énergétique et de permettre de l'ajuster en continu ; une analyse au moins mensuelle des données enregistrées est à réaliser (monitoring énergétique) ;
- b) de situer l'efficacité énergétique du bâtiment par rapport à des valeurs de référence (benchmark), de détecter les pertes d'efficacité des systèmes techniques du bâtiment et d'informer la personne responsable des installations ou de la gérance technique du bâtiment des possibilités d'amélioration de l'efficacité énergétique ; une analyse benchmark est à réaliser au moins annuellement (comparaison des valeurs annuelles) ;
- c) de permettre la communication avec les systèmes techniques de bâtiment connectés et d'autres appareils à l'intérieur du bâtiment et d'être interopérables avec des systèmes techniques de bâtiment impliquant différents types de technologies brevetées, de dispositifs et de fabricants.

|                   | Puissance nominale utile $P_{ch,cl,sac}$ en kW | Puissance nominale utile $P_{ch,cl,sac}$ en kW |
|-------------------|--|--|
| Type de bâtiment  | à partir du 01.01.2021                         | à partir du 01.01.2022                         |
| bâtiment neuf     | > 200  | > 100  |
| bâtiment existant | > 290  | > 100  |

Tableau 16 - Valeurs limites de puissance nominale d'un système de chauffage ou d'un système de climatisation à partir desquelles un système d'automatisation et de contrôle est obligatoire

où :

$P_{ch,cl,sac}$  kW puissance nominale utile maximale en froid ou en chaleur au-dessus de laquelle un système d'automatisation et de contrôle est obligatoire

Les données relevées et enregistrées par ces systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiments sont à évaluer au minimum sur base mensuelle pour des besoins de monitoring énergétique.

La comparaison de la performance énergétique de bâtiments se fait avec des indicateurs de performance établis sur base annuelle.



## 2 EXIGENCES APPLICABLES AUX BÂTIMENTS FONCTIONNELS

Les exigences applicables aux bâtiments fonctionnels sont définies sur la base de la méthode du bâtiment de référence. À cette fin, il y a lieu de calculer le comportement énergétique du bâtiment à évaluer avec son cubage et les propriétés liées à son utilisation, mais en utilisant les équipements de référence définis au chapitre 2.4. Les valeurs spécifiques ainsi obtenues sont désignées comme étant les valeurs spécifiques de référence et servent de base à la définition du niveau d'exigences.

### 2.1 Bilan énergétique

La figure 2 représente le schéma du bilan énergétique des bâtiments fonctionnels. Selon les niveaux du bilan énergétique on distingue :

- énergie utile ;
- énergie finale ;
- énergie primaire.

Une distinction est établie entre les différentes dépenses énergétiques pour les systèmes techniques :

- chauffage ;
- eau chaude sanitaire ;
- éclairage ;
- ventilation ;
- froid ;
- humidification par la vapeur ;
- énergie auxiliaire.

Le calcul du besoin en énergie primaire doit être réalisé conformément au chapitre 6. Le calcul doit être réalisé pour toutes les parties d'un bâtiment pour lesquelles au moins un type de conditionnement est prévu selon la définition visée au chapitre 6.

Le bilan énergétique prend uniquement en considération les systèmes techniques visés au chapitre 6.

Le volume de bilan du bâtiment pour l'établissement du bilan énergétique est défini par les surfaces extérieures des éléments de construction qui englobent les surfaces conditionnées se trouvant à l'intérieur du bâtiment. Outre les zones normalement chauffées et/ou refroidies, cette méthode permet, entre autres, de tenir compte d'une éventuelle dépense énergétique dans des garages sous-sols non chauffés, pour l'éclairage et/ou la ventilation, sans prendre toutefois en considération l'éclairage extérieur d'un bâtiment ou le chauffage de la rampe d'un garage/parking souterrain.

Afin de déterminer les valeurs spécifiques, les besoins énergétiques calculés sont rapportés à la surface de référence énergétique  $A_n$  conformément au chapitre 6.2.

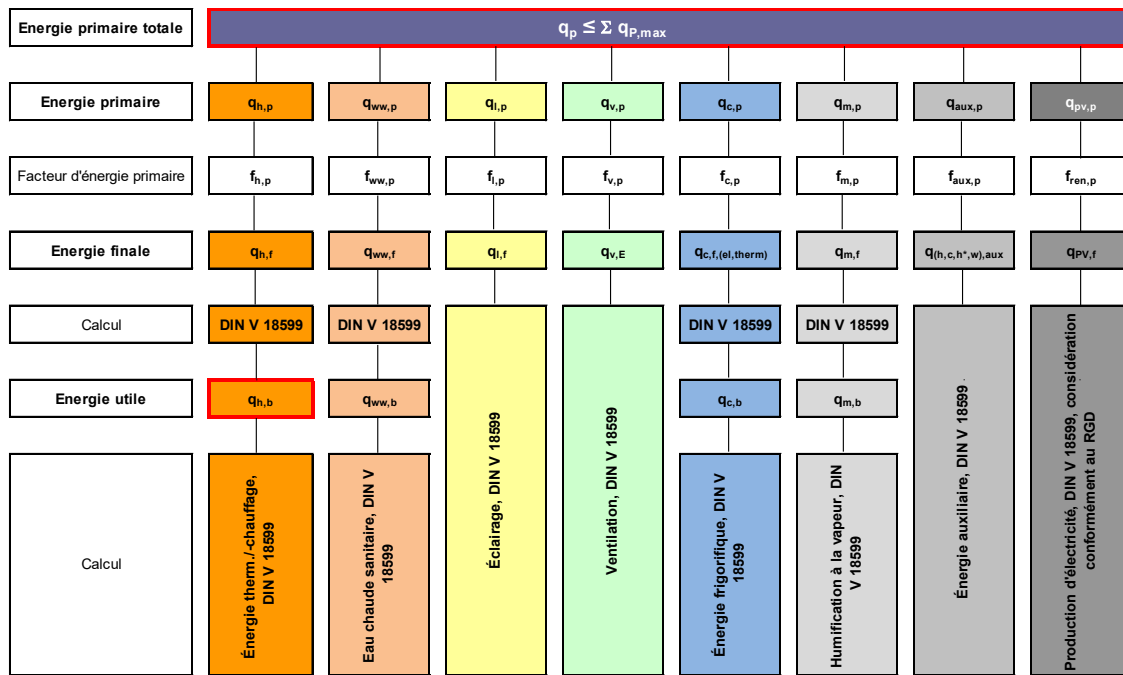


Figure 2 - Schéma du bilan énergétique des bâtiments fonctionnels

Le besoin spécifique total en énergie primaire du bâtiment à évaluer est la somme des besoins en énergie primaire de tous les systèmes techniques.

$$q_p = q_{h,p} + q_{ww,p} + q_{li,p} + q_{v,p} + q_{c,p} + q_{m,p} + q_{aux,p} - q_{ren,p}$$

où :

|             |           |   |
|-------------|-----------|---|
| $q_p$       | kWh/(m²a) | est le besoin spécifique total en énergie primaire du bâtiment  |
| $q_{h,p}$   | kWh/(m²a) | est le besoin spécifique en énergie primaire pour le système de chauffage et la fonction de chauffage de la centrale de traitement d'air conformément au chapitre 6.10  |
| $q_{ww,p}$  | kWh/(m²a) | est le besoin spécifique en énergie primaire eau chaude sanitaire conformément au chapitre 6.11   |
| $q_{li,p}$  | kWh/(m²a) | est le besoin spécifique en énergie primaire éclairage conformément au chapitre 6.15  |
| $q_{v,p}$   | kWh/(m²a) | est le besoin spécifique en énergie primaire ventilation conformément au chapitre 6.16  |
| $q_{c,p}$   | kWh/(m²a) | est le besoin spécifique en énergie primaire froid pour le système de refroidissement et la fonction de refroidissement des centrales de traitement d'air conformément au chapitre 6.14   |
| $q_{m,p}$   | kWh/(m²a) | est le besoin spécifique en énergie primaire, humidification à la vapeur conformément au chapitre 6.13  |
| $q_{aux,p}$ | kWh/(m²a) | est le besoin spécifique en énergie primaire énergie auxiliaire pour le système de chauffage et la fonction de chauffage de la centrale de traitement d'air, pour le système de refroidissement et la fonction de refroidissement de la centrale de traitement d'air, pour l'humidification, la préparation d'eau chaude sanitaire et l'éclairage conformément au chapitre 6.17 |
| $q_{ren,p}$ | kWh/(m²a) | l'économie spécifique en énergie primaire pour l'énergie électrique autoconsommée par an, produite par une installation photovoltaïque, une éolienne et/ou une cogénération, conformément au chapitre 6.18.10.3   |

Pour le calcul, il faut appliquer les conditions générales d'utilisation visées au chapitre 6.8. Le zonage du bâtiment doit être effectué conformément au chapitre 6.9. Les données climatiques visées au chapitre 6.7 sont utilisées.

Les bilans énergétiques peuvent être réalisés sur la base des méthodes simplifiées visées aux chapitres 6.20 et 6.21.

## 2.2 Valeur maximale pour le besoin spécifique total en énergie primaire

Le besoin spécifique total en énergie primaire  $q_p$  du bâtiment considéré ne doit pas dépasser la valeur maximale  $q_{p,max}$  déterminée conformément au chapitre 2.4 sur la base du bâtiment de référence.

$$q_p \leq q_{p,max} + \Delta q_{p,2021/2023}$$

avec :

$$\text{jusqu'au 31/12/2022 inclus : } \Delta q_{p,2021/2023} = q_{ww,b} \cdot 0,6 + q_{h,b} \cdot 0,62$$

$$\text{à partir du 01/01/2023 : } \Delta q_{p,2021/2023} = 0$$

où :

|                          |           |   |
|--------------------------|-----------|---|
| $q_p$                    | kWh/(m²a) | est le besoin spécifique total en énergie primaire du bâtiment visé au chapitre 2.1   |
| $q_{p,max}$              | kWh/(m²a) | est la valeur maximale pour le besoin spécifique total en énergie primaire visée au chapitre 2.4  |
| $\Delta q_{p,2021/2023}$ | kWh/(m²a) | est la valeur de correction pour le besoin spécifique total en énergie primaire du bâtiment afin de compenser l'effet de la modification de l'installation de production de chaleur de référence visée au chapitre 2.4 pendant la phase transitoire de deux ans (pompe à chaleur air/eau comme installation de référence pour la production de chaleur et d'eau chaude sanitaire, contre une chaudière à condensation au gaz naturel dans la réglementation en vigueur jusqu'au 31/12/2020) |
| $q_{ww,b}$               | kWh/(m²a) | est le besoin spécifique en chaleur de chauffage pour la production d'eau chaude sanitaire du bâtiment conformément à la norme DIN V 18599-8  |
| $q_{h,b}$                | kWh/(m²a) | est le besoin spécifique en chaleur de chauffage du bâtiment visé au chapitre 6.10  |

### 2.3 Valeur maximale pour le besoin spécifique en chaleur de chauffage

Le besoin spécifique en chaleur de chauffage  $q_{h,b}$  du bâtiment considéré ne doit pas dépasser la valeur maximale  $q_{h,b,max}$  déterminée conformément aux chapitres 2.4 et 6.10 sur base du bâtiment de référence.

$$q_{h,b} \leq q_{h,b,max}$$

où :

|               |           |  |
|---------------|-----------|--|
| $q_{h,b}$     | kWh/(m²a) | est le besoin spécifique en chaleur de chauffage du bâtiment visé au chapitre 6.10             |
| $q_{h,b,max}$ | kWh/(m²a) | est la valeur maximale pour le besoin spécifique en chaleur de chauffage visée au chapitre 2.4 |

### 2.4 Bâtiment de référence

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

- étanchéité à l'air du bâtiment ;
- coefficients de transmission thermique ;
- facteur de transmission énergétique total ;
- facteur de transmission lumineuse du vitrage ;
- facteur d'éclairement à la lumière naturelle avec protections solaires et/ou écran pare-soleil ;
- type d'éclairage et réglage ;
- générateur de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire ;
- traitement d'air des locaux ;
- production de froid ;
- énergie électrique autoconsommée d'une installation photovoltaïque.

Les exécutions de référence sont définies dans le tableau 17. Toutes les conditions générales qui n'y sont pas décrites sont appliquées dans le bâtiment de référence comme dans le bâtiment à évaluer. Si les méthodes simplifiées visées au chapitre 6.20 sont utilisées pour le calcul du bâtiment à évaluer, il faut également les appliquer dans le bâtiment de référence. Le bâtiment de référence doit toujours être calculé avec les valeurs standard visées au chapitre 6.21.

Si, dans le cadre d'une méthode d'évaluation telle que prévue au chapitre 6, plusieurs procédures d'évaluation sont disponibles pour l'évaluation d'un système technique, il faut appliquer la même procédure dans le bâtiment de référence que celle utilisée dans le bâtiment à évaluer.

La subdivision du bâtiment de référence en ce qui concerne l'utilisation et le zonage doit correspondre à celle du bâtiment à évaluer. Lors de la subdivision concernant les installations techniques et l'éclairage à la lumière naturelle, des différences, qui peuvent être dues à l'exécution technique du bâtiment à construire, sont admises.

Le calcul de la valeur de référence du besoin spécifique total en énergie primaire  $q_{p,ref}$  doit être réalisé conformément aux règles du chapitre 2.1 en utilisant les équipements de référence visés au tableau 17.

$$q_{p,ref} = q_{h,p,ref} + q_{ww,p,ref} + q_{l,p,ref} + q_{v,p,ref} + q_{c,p,ref} + q_{m,p,ref} + q_{aux,p,ref} - q_{ren,p,ref}$$

où :

|                 |                        |   |
|-----------------|------------------------|---|
| $q_{p,ref}$     | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est le besoin spécifique total en énergie primaire pour le bâtiment de référence (valeur spécifique de référence)   |
| $q_{x,p,ref}$   | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est le besoin spécifique en énergie primaire pour le système technique x tel que prévu au chapitre 2.1 en tenant compte de l'équipement de référence (valeur spécifique de référence)   |
| $q_{ren,p,ref}$ | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est l'économie spécifique en énergie primaire pour l'énergie électrique autoconsommée produite par une installation photovoltaïque du bâtiment de référence tel que prévu au chapitre 2.4 en tenant compte de l'équipement de référence (valeur spécifique de référence) conformément au chapitre 6.18.10.3 |

La valeur maximale du besoin spécifique total en énergie primaire  $q_{p,max}$  est obtenue en tenant compte des facteurs d'efficacité de chaque système technique comme suit:

$$q_{p,max} = q_{p,ref}$$

où :

|             |                        |  |
|-------------|------------------------|--|
| $q_{p,max}$ | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est la valeur maximale pour le besoin spécifique total en énergie primaire |
|-------------|------------------------|--|

Le calcul de la valeur de référence du besoin spécifique en chaleur de chauffage  $q_{h,b,ref}$  doit être réalisé conformément au chapitre 6.10 en utilisant les équipements de référence visés au tableau 17.

La valeur maximale du besoin spécifique en chaleur de chauffage  $q_{h,b,max}$  correspond à la valeur spécifique de référence du besoin en chaleur de chauffage  $q_{h,b,ref}$  :

$$q_{h,b,max} = q_{h,b,ref}$$

où :

|               |                        |  |
|---------------|------------------------|--|
| $q_{h,b,max}$ | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est la valeur maximale pour le besoin spécifique en chaleur de chauffage |
|---------------|------------------------|--|

| N° | Système   | Propriété                        | Valeur de référence (unité de mesure)  |  |
|----|---|----------------------------------|--|--|
|    |   |                                  | Température intérieure moyenne >18 °C conformément au chapitre 1.1, point 7) | Température intérieure moyenne comprise entre 12 et 18 °C selon chapitre 1.1, point 7) |
| 1  | Mur et fermeture horizontale inférieure du bâtiment                                     | Valeur U<br>W/(m <sup>2</sup> K) | 0,140  | 0,200  |
| 2  | Toit et fermeture horizontale supérieure du bâtiment                                    | Valeur U<br>W/(m <sup>2</sup> K) | 0,120  | 0,170  |
| 3  | Éléments de construction en contact avec le sol <sup>5</sup> ou des zones non chauffées | Valeur U<br>W/(m <sup>2</sup> K) | 0,175  | 0,250  |
| 4  | Bandes d'éclairage naturel, coupoles d'éclairage naturel                                | $U_w$<br>W/(m <sup>2</sup> K)    | 1,60   | 2,31   |
|    |   | $g_L$                            | 0,64   | 0,64   |
|    |   | $\tau_{D65}$                     | 0,60   | 0,60   |

<sup>5</sup> Dans le cas du calcul des composants touchés par la terre conformément à la norme EN 13370 dans le bâtiment à évaluer, le calcul pour le bâtiment de référence est effectué avec une valeur  $F_x$  de 0,8 conformément aux règles de calcul de la norme DIN V 18599-2, chapitre 6.1.4.2. en cas de chauffage et refroidissement

|    |   |   |  |                      |
|----|---|---|--|----------------------|
| 5  | Fenêtres, portes-fenêtres et fenêtres de toit                                       | $U_w$<br>$W/(m^2K)$<br>$g_{\perp}$<br>$\tau_{D65}$  | 0,84<br>0,50<br>0,69   | 1,21<br>0,50<br>0,69 |
| 6  | Portes extérieures ou portes donnant sur des locaux non chauffés                    | Valeur U<br>$W/(m^2K)$  | 1,30   | 1,88                 |
| 7  | Facteur de correction des ponts thermiques  | $\Delta U_{WB}$   | 0,030 $W/(m^2K)$   | 0,043 $W/(m^2K)$     |
| 8  | Étanchéité à l'air du bâtiment  | $q_{50} / n_{50}$   | <ul style="list-style-type: none"><li>Pour un bâtiment avec un volume brut <math>V_e \leq 1.500 \text{ m}^3</math><br/>Pour des zones avec un nombre pertinent de portes sectionnelles<sup>6</sup> : <math>n_{50} = 0,84 \text{ 1/h}</math><br/>pour toutes autres zones : <math>n_{50} = 0,60 \text{ 1/h}</math></li><li>Pour un bâtiment avec un volume brut <math>V_e &gt; 1.500 \text{ m}^3</math><br/>Pour des zones avec un nombre pertinent de portes sectionnelles<sup>6</sup> : <math>q_{50} = 1,25 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)</math><br/>pour toutes autres zones : <math>q_{50} = 0,90 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)</math></li><li>La valeur du bâtiment de référence correspond à la moyenne volumétrique.</li></ul> |                      |
| 9  | Éclairage à la lumière naturelle avec protections solaires et/ou écrans pare-soleil | $C_{TL, Vers, SA}$  | <ul style="list-style-type: none"><li>Aucune protection solaire ou écran : 0,70</li><li>Utilisation d'écrans : 0,15</li></ul>  |                      |
| 10 | Dispositif de protection solaire  | <p>Bilan énergétique général :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>En cas d'utilisation d'un dispositif de protection solaire, il faut réaliser le calcul avec un facteur de transmission énergétique total <math>g_{tot}</math> selon l'équation suivante pour toutes les fenêtres et tenir compte d'une commande manuelle (symboles visés au chapitre 1.2).</li></ul> $g_{tot, Ref} = \text{Min}(0,5; \frac{0,075 \cdot A_n}{\sum_i A_{Fe, (O, S, W), i} + 0,4 \cdot \sum_i A_{Fe, N, i} + 1,4 \cdot \sum_i A_{Fe, H, i}})$ <ul style="list-style-type: none"><li>Les dispositifs de protection solaire et les écrans doivent être calculés comme étant exécutés ensemble.</li></ul> <p>Pour le calcul de la classe du besoin en chaleur de chauffage :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Dans le bâtiment à évaluer et dans le bâtiment de référence le facteur de transmission énergétique <math>g_{tot}</math> resp. <math>g_{tot, ref}</math> est à calculer sans incidence d'une protection solaire supplémentaire et ne prend en compte que le facteur de transmission énergétique du vitrage <math>g_{\perp}</math> du bâtiment à évaluer. Dans le bâtiment de référence, le facteur de transmission énergétique du vitrage <math>g_{tot, ref}</math> doit être celui du bâtiment à évaluer <math>g_{\perp}</math>. Les transmittances d'énergie suivantes s'appliquent :</li><li><math>g_{tot} = g_{tot, ref} = g_{\perp, ref} = g_{\perp}</math></li></ul> |  |                      |
| 11 | Système d'éclairage   | <p>L'intensité de l'éclairage :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Éclairage lumineux dans des zones d'utilisation 6 et 7 conformément à la norme DIN V 18599 - Partie 10 identique au bâtiment exécuté, cependant pas plus de 1000 lx; dans les autres cas conformément aux profils d'utilisation indiqués dans la norme DIN V 18599 - Partie 10.</li></ul> <p>Type d'éclairage :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>identique au bâtiment exécuté; dans le cas d'un éclairage indirect: direct/indirect</li></ul> <p>Facteur de maintenance</p> <ul style="list-style-type: none"><li>identique au bâtiment évalué<sup>7</sup></li></ul> <p>Système d'éclairage :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Méthode d'efficacité avec une efficacité lumineuse de <math>h_{Leuchte} = 110 \text{ lm/W}</math>; où <math>h_{Leuchte} = h_s \cdot h_{LB}</math></li><li>La procédure de table et l'utilisation de valeurs de planification ne sont pas autorisées</li></ul>   |  |                      |
| 12 | Réglage de l'installation d'éclairage   | <p>Contrôle de la présence :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Dans les zones d'utilisation 4, 16, 18, 19, 20, 31, 32, 39 avec détecteur de présence</li><li>Pour tous les autres usages : manuel</li></ul>   |  |                      |

<sup>6</sup> le nombre pertinent de portes sectionnelles est atteint si le ratio ( $f_{or}$ ) de la surface de porte sectionnelle par rapport à la surface de façade de cette zone est  $\geq 20 \%$  ( $f_{or} = \text{Surface de porte sectionnelle de la zone} / \text{surface de façade de la zone}$ )

<sup>7</sup> Pour le calcul selon DIN V 18599-4, un facteur de maintenance de 0,80 doit être utilisé pour toutes les utilisations. Par dérogation à cette règle, un facteur de maintenance de 0,67 doit être utilisé pour les utilisations 22.1 à 22.3.

|    |  |   |
|----|--|---|
|    |  | <p>Contrôle d'éclairage constant / asservi à la lumière du jour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dans les zones d'utilisation 22.1 à 22.3: Commande d'éclairage constant selon DIN V 18599-4, section 5.4.6</li> <li>• En outre, dans les zones d'utilisation 1 à 4, 8, 12 : régulation en fonction de la lumière du jour, mode de régulation « faire varier l'intensité de lumière, ne pas déconnecter » selon DIN V 18599-4, section 5.5.4 (avec régulation de l'éclairage constant)</li> <li>• Pour tous les autres usages : manuel</li> </ul>   |
| 13 | Chauffage<br>Installation de production de chaleur | <p>Générateur de chaleur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pompe à chaleur air/eau, conformément à la norme DIN V 18599-5.</li> <li>• Système à une allure, fonctionnement monovalent, avec adaptation de la puissance de la pompe à chaleur à la température de conception et avec un ballon tampon du côté chauffage</li> </ul>  |
| 14 | Chauffage<br>Distribution de chaleur               | <p>Chauffage des locaux dans le cas d'un appareil de traitement d'air central :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour le cas de référence, il faut supposer les mêmes longueurs et les mêmes emplacements des conduites que ceux du bâtiment à évaluer</li> <li>• Réseau à deux tuyaux, tuyaux de distribution dans la zone non chauffée, conduites montantes et de raccordement à l'intérieur</li> <li>• Température du système selon le système de transmission de chaleur comme valeur moyenne de température pondérée énergétiquement</li> <li>• Différence de pression <math>\Delta p</math> constante</li> <li>• Pompe conçue sur demande, pas de trop-plein disponible, équilibrée hydrauliquement avec alimentation du régulateur de débit jusqu'à 8 radiateurs, aucune adaptation de la température de départ, aucune limitation de la température de retour, pas de fonctionnement intermittent</li> <li>• Autres valeurs caractéristiques de série selon DIN V 18599-5</li> <li>• Standard d'isolation des conduites : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduites en zone chauffée : 0,20 W/(mK)</li> <li>- Conduites en zone non chauffée : 0,14 W/(mK)</li> </ul> </li> <li>• Température du système 50/40 °C pour les groupes de ventilation</li> </ul> |
| 15 | Chauffage<br>Transmission de chaleur               | <p>Pour un chauffage statique et une hauteur de zone moyenne <math>\leq 5,0</math> m :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Surfaces chauffantes libres contre le mur extérieur</li> <li>• Régulateur proportionnel</li> <li>• Pas d'opération intermittente</li> <li>• Aucune énergie auxiliaire</li> <li>• Température du système 45/38 °C</li> <li>• Autres caractéristiques comme valeur par défaut selon DIN V 18599-5</li> </ul> <p>Pour un chauffage statique et une hauteur de zone moyenne <math>&gt; 5,0</math> m :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plafonds rayonnants à eau chaude ; exécution améliorée</li> <li>• Régulateur proportionnel</li> <li>• Aucune énergie auxiliaire</li> <li>• Température du système 50/40 °C</li> <li>• Autres caractéristiques comme valeur par défaut selon DIN V 18599-5</li> </ul> <p>Pour un système décentralisé / chauffage de hall :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réchauffeur d'air décentralisé</li> <li>• Fonctionnement sans condensation</li> <li>• Source d'énergie gaz naturel</li> <li>• Régulation de performance</li> <li>• Régulateur proportionnel</li> <li>• Transfert de chaleur : Ventilateur centrifuge avec sortie latérale sans retour d'air chaud</li> </ul>                   |
| 16 | Eau chaude sanitaire<br>Système centralisé         | <p>Installation de production de chaleur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pompe à chaleur air/eau pour la production d'ECS jusqu'à 55 °C et post-chauffe avec chauffe-eau électrique instantané</li> </ul> <p>Stockage de chaleur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réservoir chauffé indirectement (droit)</li> <li>• Montage à l'extérieur de l'enveloppe thermique</li> </ul> <p>Distribution de chaleur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tuyaux de distribution dans la zone non chauffée, colonnes montantes et tuyaux de raccordement à l'intérieur</li> <li>• Pour le cas de référence, la longueur de la conduite doit être supposée identique à celle du bâtiment à évaluer</li> <li>• Pompe régulée et conçue selon les besoins</li> <li>• Standard d'isolation des conduites : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduites en zone chauffée : 0,20 W/(mK)</li> <li>- Conduites en zone non chauffée : 0,14 W/(mK)</li> </ul> </li> <li>• Autres valeurs caractéristiques de série selon DIN V 18599-5</li> </ul>   |

|    |  |  |
|----|--|--|
| 17 | Eau chaude sanitaire<br>Système décentralisé   | <p>Pour les bâtiments avec un besoin en ECS &lt; 20 kWh/m<sup>2</sup>/a</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chauffe-eau électrique instantané, direct</li> <li>• Un appareil par surface de référence énergétique de 200 m<sup>2</sup>, mais au moins 2 appareils ; longueur de conduite 4 m par appareil</li> </ul> <p>Pour des bâtiments avec un besoin en ECS ≥ 20 kWh/m<sup>2</sup>/a</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comme les générateurs d'ECS système centralisé (position 16)</li> </ul>  |
| 18 | Traitement d'air des locaux  | <p>Type de ventilation :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour toutes les zones chauffées avec une température ambiante réglée supérieure à 18 °C : système de ventilation avec récupération de chaleur</li> <li>• Pour toutes les autres zones : comme pour le bâtiment à construire</li> </ul> <p>Quantités d'air extérieur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Débit d'air extérieur selon les conditions d'utilisation de la partie 10 de la norme DIN V 18599.</li> <li>• Dans les zones d'utilisation 4, 8, 9, 12, 13, 23, 24, 35, 37 et 40 conformément au tableau 5 de la norme DIN V 18599-10, un réglage du débit d'air des systèmes de ventilation en fonction de la demande selon la catégorie IDA-C6 de la DIN V 18599-7, section 5.8.1 est inclus.</li> <li>• Pour les autres zones selon les conditions d'utilisation de la partie 10 de la norme DIN V 18599, sans l'influence d'une régulation selon les besoins</li> </ul> <p>Calcul de la classe du besoin en chaleur de chauffage :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En cas de prise en compte d'un système de ventilation mécanique, l'augmentation de température due au courant requis du ventilateur d'alimentation d'air <math>\Delta\theta_{SUP}</math> dans le bâtiment de référence et dans le bâtiment à évaluer doit être évaluée à 1,0 K.</li> </ul> |
| 19 | Traitement d'air des locaux<br>Installation d'amenée et de reprise d'air sans fonction de post-chauffage et de refroidissement | <ul style="list-style-type: none"> <li>• puissance absorbée spécifique ventilateur<sup>8</sup> d'amenée d'air et du ventilateur de reprise d'air: <math>P_{SFP} = 1,85 \text{ kW} / (\text{m}^3 / \text{s})</math></li> <li>• Les suppléments conformes à la norme EN 16798-3 : 2017 (tableau 15) ne peuvent être pris en compte que dans le cas des filtres HEPA, des filtres à gaz et / ou de la classe de récupération de chaleur H1.</li> <li>• Taux de changement de température de la récupération de chaleur = 0,73, rapport de pression = 0,4</li> <li>• Passage des gaines d'air : à l'intérieur du bâtiment</li> </ul>   |
| 20 | Traitement d'air des locaux<br>Installation d'amenée et de reprise d'air avec régulation du conditionnement d'air              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• puissance absorbée spécifique du ventilateur d'amenée d'air et du ventilateur de reprise d'air: <math>P_{SFP} = 2,11 \text{ kW} / (\text{m}^3 / \text{s})</math></li> <li>• Les suppléments selon EN 16798-3 : 2017 (tableau 15) ne peuvent être comptés que dans le cas des filtres HEPA, des filtres à gaz et / ou des classes de récupération de chaleur H1.</li> <li>• taux de changement de température = 0,73<sup>9</sup>, température de l'air soufflé = 21 °C; Rapport de pression = 0,4</li> <li>• Passage des gaines d'air : à l'intérieur du bâtiment.</li> </ul>  |
| 21 | Traitement d'air des locaux<br>Humidification de l'air   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour le cas de référence, il faut adopter la même installation d'humidification de l'air que celle du bâtiment à évaluer.</li> </ul>  |
| 22 | Refroidissement des locaux/ Refroidissement par traitement d'air   | <p>Refroidissement des locaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilo-convecteur avec batterie d'eau froide,</li> <li>• Régime de températures de l'eau froide : 8/14 °C</li> </ul> <p>Refroidissement par traitement d'air :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Refroidisseur d'air central</li> <li>• Régime de températures de l'eau froide : 8/14 °C</li> </ul>   |
| 23 | Production de froid  | <p>Générateur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compresseur à piston/spirale (« scroll »)</li> <li>• Réglable sur plusieurs niveaux</li> <li>• Réfrigérant R134a</li> <li>• Refroidi par eau - Refroidisseur à sec</li> <li>• Température d'entrée de l'eau de refroidissement : constante</li> <li>• Régime de températures de l'eau froide : 8/14 °C</li> <li>• Montage à l'extérieur de l'enveloppe thermique</li> <li>• Refroidissement en freecooling avec l'unité de refroidissement en mode parallèle</li> <li>• Pas de stockage à froid, ou de stockage de petite taille ou intégré à la machine</li> </ul>   |

<sup>8</sup> Le SFP doit être déterminé dans les conditions limites suivantes : des filtres propres, sans dérivation de la récupération de chaleur, au débit volumétrique de conception.

<sup>9</sup> Si d'autres valeurs caractéristiques du taux de variation de température que celles spécifiées dans le tableau 9 de la norme DIN V 18599-7 sont prises en compte dans le calcul, la preuve du degré de variation de température utilisé conformément aux spécifications du tableau 9 de la norme DIN V 18599-7 : 2018-09 est à joindre au calcul.

| 24                               | Distribution de froid             | Consommation d'énergie électrique de la distribution = Cas 2, $f_{\text{Nutz}}$ conformément au tableau 16 de la norme DIN V 18599-7   |  |         |             |                                  |       |       |                                |       |       |                          |       |       |
|----------------------------------|-----------------------------------|--|--|---------|-------------|----------------------------------|-------|-------|--------------------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|
| 25                               | Automatisation du bâtiment        | Classe C selon DIN V 18599-11  |  |         |             |                                  |       |       |                                |       |       |                          |       |       |
| 26                               | Facteurs de vecteurs énergétiques | <p>Pour le calcul</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>du besoin total en énergie primaire</li> <li>de la valeur spécifique d'émissions totales de <math>\text{CO}_2</math></li> <li>du besoin pondéré en énergie finale</li> <li>les valeurs suivantes sont adoptées pour le bâtiment de référence:</li> </ul> <table> <tr> <th></th><th>Chaleur</th><th>Électricité</th></tr> <tr> <td>Facteur d'énergie primaire <math>f_p</math></td><td>1,120</td><td>1,500</td></tr> <tr> <td>Facteur env. <math>f_{\text{CO}_2}</math></td><td>0,246</td><td>0,367</td></tr> <tr> <td>Facteur d'économie <math>f_j</math></td><td>1,000</td><td>3,200</td></tr> </table>  |  | Chaleur | Électricité | Facteur d'énergie primaire $f_p$ | 1,120 | 1,500 | Facteur env. $f_{\text{CO}_2}$ | 0,246 | 0,367 | Facteur d'économie $f_j$ | 1,000 | 3,200 |
|                                  | Chaleur                           | Électricité  |  |         |             |                                  |       |       |                                |       |       |                          |       |       |
| Facteur d'énergie primaire $f_p$ | 1,120                             | 1,500  |  |         |             |                                  |       |       |                                |       |       |                          |       |       |
| Facteur env. $f_{\text{CO}_2}$   | 0,246                             | 0,367  |  |         |             |                                  |       |       |                                |       |       |                          |       |       |
| Facteur d'économie $f_j$         | 1,000                             | 3,200  |  |         |             |                                  |       |       |                                |       |       |                          |       |       |
| 27                               | Énergie renouvelable              | <p>Système photovoltaïque :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Puissance installée <math>P_{pk} = 57 \text{ W/m}^2</math> Surface de la toiture (somme de la surface constitutive de l'enveloppe thermique du bâtiment appartenant à la catégorie de la toiture)</li> <li>Orientation de l'installation = sud</li> <li>Angle d'inclinaison des modules = <math>35^\circ</math></li> <li>Facteur de puissance du système <math>f_{\text{pert}} = 0,75</math></li> <li>Facteur de dégradation pour la détermination de la puissance maximale moyenne <math>P_{pk,m} = 0,9</math></li> <li>Pas de stockage d'énergie (batterie)</li> <li>Autoconsommation de l'électricité produite conformément au chapitre 6.18.</li> </ul> |  |         |             |                                  |       |       |                                |       |       |                          |       |       |

Tableau 17 - Exécutions de référence du bâtiment de référence

## 2.5 Affectation aux catégories de bâtiments

En ce qui concerne les bâtiments fonctionnels, on distingue les catégories de bâtiments suivantes :

- a) bâtiments de bureaux ;
- b) jardins d'enfants et garderies ;
- c) écoles supérieures et universités ;
- d) hôpitaux ;
- e) centres de soins et maisons de retraite ;
- f) pensions ;
- g) hôtels ;
- h) restaurants ;
- i) centres de manifestations ;
- j) salles de sport ;
- k) piscines ;
- l) établissements commerciaux ;
- m) autres bâtiments conditionnés.

L'affectation d'un bâtiment à l'une des catégories susmentionnées doit être effectuée en fonction de l'utilisation principale.



### 3 RÉPARTITION EN CLASSES DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE

En vue d'évaluer la qualité énergétique d'un bâtiment fonctionnel, les dépenses énergétiques du bâtiment sont comparées aux valeurs spécifiques de référence. Dans le cadre de l'évaluation énergétique pour représenter la performance énergétique, différentes échelles d'évaluation sont établies selon le besoin énergétique calculé ou la consommation énergétique mesurée car les évaluations englobent différents systèmes techniques et les valeurs spécifiques ne sont donc pas comparables.

#### 3.1 Classification sur la base du besoin énergétique calculé

En vue d'évaluer et de documenter le besoin énergétique calculé d'un bâtiment fonctionnel, une répartition en classes de performance énergétique est réalisée. Les limites des classes sont déterminées individuellement pour chaque bâtiment en se rapportant au bâtiment de référence conformément au chapitre 2.4, c'est-à-dire que le cubage respectif et la situation d'utilisation respective sont pris en considération. Le bâtiment de référence constitue la limite supérieure de la classe A. Les limites des autres classes sont obtenues en pourcentages à partir de la valeur spécifique du bâtiment de référence conformément à la figure 3.

| Classe de performance énergétique                        | Classe A+ | Classe A | Classe B | Classe C | Classe D | Classe E | Classe F | Classe G | Classe H | Classe I |
|--|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Besoin total en énergie primaire                         | ≤ 70 %    | ≤ 100 %  | ≤ 140 %  | ≤ 170 %  | ≤ 200 %  | ≤ 300 %  | ≤ 400 %  | ≤ 610 %  | ≤ 810 %  | > 810 %  |
| Valeur spécifique d'émissions totales de CO <sub>2</sub> | ≤ 70 %    | ≤ 100 %  | ≤ 140 %  | ≤ 170 %  | ≤ 200 %  | ≤ 300 %  | ≤ 400 %  | ≤ 610 %  | ≤ 810 %  | > 810 %  |
| Besoin en chaleur de chauffage                           | ≤ 85 %    | ≤ 100 %  | ≤ 130 %  | ≤ 180 %  | ≤ 220 %  | ≤ 330 %  | ≤ 440 %  | ≤ 670 %  | ≤ 890 %  | > 890 %  |
| Besoin en énergie primaire Chauffage                     | ≤ 85 %    | ≤ 100 %  | ≤ 150 %  | ≤ 200 %  | ≤ 250 %  | ≤ 370 %  | ≤ 490 %  | ≤ 740 %  | ≤ 990 %  | > 990 %  |
| Besoin en énergie primaire Froid                         | ≤ 70 %    | ≤ 100 %  | ≤ 150 %  | ≤ 200 %  | ≤ 250 %  | ≤ 370 %  | ≤ 490 %  | ≤ 740 %  | ≤ 990 %  | > 990 %  |
| Besoin en énergie primaire Ventilation                   | ≤ 80 %    | ≤ 100 %  | ≤ 130 %  | ≤ 150 %  | ≤ 170 %  | ≤ 260 %  | ≤ 340 %  | ≤ 510 %  | ≤ 680 %  | > 680 %  |
| Besoin en énergie primaire Éclairage                     | ≤ 80 %    | ≤ 100 %  | ≤ 140 %  | ≤ 170 %  | ≤ 200 %  | ≤ 300 %  | ≤ 400 %  | ≤ 610 %  | ≤ 810 %  | > 810 %  |
| Besoin pondéré en énergie finale                         | ≤ 80 %    | ≤ 100 %  | ≤ 125 %  | ≤ 155 %  | ≤ 180 %  | ≤ 275 %  | ≤ 365 %  | ≤ 545 %  | ≤ 725 %  | > 725 %  |

Figure 3 - Définition des limites des classes de performance énergétique en pourcentage de la valeur spécifique de référence

L'intégration dans une classe de performance énergétique est effectuée au moyen de l'indice du besoin  $B_{index,x}$  de la grandeur  $x$  à évaluer. L'indice du besoin respectif est déterminé en rapportant la valeur spécifique d'énergie du bâtiment à évaluer à la valeur spécifique d'énergie équivalente du bâtiment de référence (valeur spécifique de référence), exprimé en pourcentage.

$$B_{index,x} = \frac{q_x}{q_{x,ref}} \cdot 100\%$$

où :

|               |                        |   |
|---------------|------------------------|---|
| $B_{index,x}$ | -                      | est l'indice du besoin pour la grandeur $x$   |
| $q_x$         | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est la valeur spécifique d'énergie du bâtiment à évaluer pour la grandeur $x$                                     |
| $q_{x,ref}$   | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est la valeur spécifique d'énergie du bâtiment de référence pour la grandeur $x$ (valeur spécifique de référence) |

Une classification du besoin énergétique total d'un bâtiment fonctionnel est à réaliser pour le besoin total en énergie primaire  $q_p$  et pour la valeur spécifique des émissions totales de CO<sub>2</sub>  $q_{CO_2}$  d'un bâtiment fonctionnel. En outre, il y a lieu de classer par niveau de valeurs spécifiques partielles les systèmes techniques  $x$  suivants selon le même schéma :

|           |                        |  |
|-----------|------------------------|--|
| $q_{h,b}$ | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est le besoin spécifique en chaleur de chauffage visé au chapitre 6.10   |
| $q_{h,p}$ | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est le besoin spécifique en énergie primaire pour le système de chauffage et la fonction de chauffage de la centrale de traitement d'air conformément au chapitre 6.10             |
| $q_{l,p}$ | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est le besoin spécifique en énergie primaire éclairage conformément au chapitre 6.15   |
| $q_{v,p}$ | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est le besoin spécifique en énergie primaire ventilation conformément au chapitre 6.16   |
| $q_{c,p}$ | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est le besoin spécifique en énergie primaire pour le système de refroidissement et la fonction de refroidissement de la centrale de traitement d'air conformément au chapitre 6.14 |

Le calcul des valeurs spécifiques d'émissions de CO<sub>2</sub> du bâtiment est effectué conformément au chapitre 6.22. Pour déterminer les valeurs spécifiques d'émissions du bâtiment de référence, il faut appliquer les conditions générales visées au chapitre 2.4.

### 3.2 Classification sur la base du besoin pondéré en énergie finale

La classification sur la base du besoin pondéré en énergie finale est indiquée sous la forme de la classe d'économie. La classe d'économie est déterminée à partir de l'indice  $K_{index}$  en utilisant les limites de classes visées à la figure 3. L'indice d'économie correspond au pourcentage du besoin pondéré en énergie finale du bâtiment à évaluer se rapportant au besoin pondéré en énergie finale du bâtiment de référence.

$$K_{index} = \frac{Q_{f,k}}{Q_{f,k,ref}} \cdot 100\%$$

où :

|               |       |   |
|---------------|-------|---|
| $K_{index}$   | [-]   | est l'indice d'économie pour le bâtiment à évaluer                    |
| $Q_{f,k}$     | kWh/a | est le besoin pondéré en énergie finale pour le bâtiment à évaluer    |
| $Q_{f,k,ref}$ | kWh/a | est le besoin pondéré en énergie finale pour le bâtiment de référence |

Le besoin pondéré en énergie finale pour le bâtiment à évaluer et pour le bâtiment de référence sont obtenus en multipliant le besoin annuel calculé en énergie finale par le facteur d'économie moyen correspondant pour toutes les sources d'énergie utilisées et en additionnant tous ces produits.

$$Q_{f,k} = \sum_x (Q_{f,x} \cdot f_{j,x})$$

$$Q_{f,k,ref} = \sum_x (Q_{f,ref,x} \cdot f_{j,x})$$

où :

|               |       |  |
|---------------|-------|--|
| $Q_{f,k}$     | kWh/a | est le besoin pondéré en énergie finale pour le bâtiment à évaluer   |
| $Q_{f,k,ref}$ | kWh/a | est le besoin pondéré en énergie finale pour le bâtiment de référence  |
| $Q_{f,x}$     | kWh/a | est le besoin annuel en énergie finale pour la source d'énergie x du bâtiment à évaluer, calculé conformément au chapitre 6      |
| $Q_{f,ref,x}$ | kWh/a | est le besoin annuel en énergie finale pour la source d'énergie x du bâtiment de référence, calculé conformément au chapitre 2.4 |
| $f_{j,x}$     | -     | est le facteur d'économie moyen pour la source d'énergie x   |

Les facteurs d'économie moyens pour les sources d'énergie sont publiés par le ministre.

## 4 CONTENU DU CALCUL DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE

Le calcul de performance énergétique atteste le respect des exigences minimales et des exigences relatives au besoin spécifique en énergie primaire et au besoin spécifique en énergie pour le chauffage. Il doit contenir les indications suivantes.

### 4.1 Informations générales

- désignation du bâtiment évalué;
- date d'établissement;
- nom et adresse actuelle du maître d'ouvrage;
- nom et adresse de l'architecte;
- nom et adresse de l'expert ayant établi le calcul de performance énergétique;
- date prévue pour le début des travaux et durée de construction;
- signature de l'expert ayant établi le calcul de performance énergétique.

### 4.2 Indications concernant le bâtiment

- surface de référence énergétique  $A_n$  [m<sup>2</sup>] conformément au chapitre 6.2;
- volume conditionné brut  $V_e$  [m<sup>3</sup>] conformément au chapitre 6.4;
- surface de l'enveloppe thermique  $A$  [m<sup>2</sup>] conformément au chapitre 6.3;
- rapport  $A/V_e$  [1/m] conformément au chapitre 6.6;
- plans de construction (plans, coupes et vues des façades, avec indication des niveaux d'isolation et d'étanchéité à l'air);
- catégorie de bâtiment conformément au chapitre 2.5;
- zones du bâtiment avec indication de l'utilisation respective, de l'utilisation standard affectée et de la surface de plancher nette des zones conformément au chapitre 6.8;
- part de la surface de référence énergétique  $A_n$  ventilée mécaniquement;
- part de la surface de référence énergétique  $A_n$  refroidie.

### 4.3 Respect des exigences relatives à la valeur spécifique du besoin en énergie primaire et à la valeur spécifique du besoin en chaleur de chauffage

Pour attester le respect des exigences relatives au besoin spécifique total en énergie primaire et au besoin spécifique en chaleur de chauffage, les valeurs réelles

- du besoin spécifique en chaleur de chauffage  $q_{h,b}$  visé au chapitre 6.10 ;
- du besoin spécifique total en énergie primaire  $q_p$  visé au chapitre 2.1 ;

doivent être comparées aux valeurs maximales respectives visées aux chapitres 2.2 et 2.3.

Indications supplémentaires :

- indications précisant pour quels systèmes techniques des systèmes alternatifs d'approvisionnement en énergie sont utilisés.

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

### 4.4 Respect des exigences minimales

Le respect des exigences minimales doit être confirmé. Si les exigences minimales font l'objet d'exceptions, celles-ci doivent être indiquées et justifiées.

#### 4.4.1 Isolation thermique d'hiver

Le respect des exigences minimales visées au chapitre 1.1 doit être confirmé. L'emplacement du niveau d'isolation doit être reporté sur les plans de construction conformément au chapitre 4.2.

#### **4.4.2 Protection thermique d'été**

Le respect des exigences minimales relatives à la protection thermique d'été visées au chapitre 1.2 doit être confirmé et le calcul des locaux critiques doit être fourni.

#### **4.4.3 Étanchéité à l'air du bâtiment**

Le respect des exigences minimales visées au chapitre 1.3 doit être confirmé. L'emplacement du niveau d'étanchéité à l'air du bâtiment doit être reporté sur les plans de construction. La classe d'exigences correspondante visée au tableau 11 doit être indiquée.

#### **4.4.4 Production de chaleur utile**

Le respect des exigences minimales visées au chapitre 1.4 doit être confirmé.

#### **4.4.5 Mesures en vue d'éviter les ponts thermiques**

Les mesures adoptées en vue d'éviter les ponts thermiques visées au chapitre 1.5 doivent être confirmées. Si un certificat d'équivalence au sens de la norme DIN 4108-Beiblatt 2 est établi, il doit être joint en annexe au certificat de performance énergétique visé à l'article 4, paragraphe 12.

#### **4.4.6 Conduites d'eau chaude sanitaire, de distribution de chaleur et de froid et gaines de ventilation**

Le respect des exigences minimales visées au chapitre 1.6 doit être confirmé.

#### **4.4.7 Réservoir de chaleur, de froid et d'eau chaude sanitaire**

Le respect des exigences minimales visées au chapitre 1.7 doit être confirmé.

#### **4.4.8 Centrales de traitement d'air**

Le respect des exigences minimales relatives à la valeur  $P_{SFP}$  visées au chapitre 1.8 doit être confirmé. Si le choix est porté sur la variante des exigences minimales relatives à la vitesse dans les gaines et au rendement du ventilateur, il faut confirmer le respect de ces exigences minimales.

#### **4.4.9 Systèmes de réglage**

Le respect des exigences minimales visées au chapitre 1.9 doit être confirmé séparément selon chaque chapitre.

#### **4.4.10 Dispositifs de mesure**

Le respect des exigences minimales visées au chapitre 1.10 doit être confirmé.

#### **4.4.11 Dispositifs de charge pour voitures électriques ou hybrides rechargeables**

Le respect des exigences minimales visées au chapitre 1.11 doit être confirmé.

#### **4.4.12 Dispositifs techniques pour les installations photovoltaïques**

Le respect des exigences minimales visées au chapitre 1.12 doit être confirmé.

#### **4.4.13 Systèmes d'automatisation et de contrôle**

Le respect des exigences minimales visées au chapitre 1.13 doit être confirmé séparément selon chaque chapitre.

#### 4.5 Documentation du calcul

Il faut joindre en annexe au calcul de performance énergétique une documentation du calcul, telle que décrite ci-après, lorsque des exigences relatives au besoin spécifique total en énergie primaire visé au chapitre 2.2 et au besoin spécifique en chaleur de chauffage visé au chapitre 2.3 sont fixées, et lorsque leur respect doit être attesté par un calcul.

La documentation du calcul se divise en deux parties comprenant au minimum les données suivantes :

1. document de synthèse concernant le bâtiment: cette présentation abrégée permet de comparer les caractéristiques énergétiques et les résultats de calcul du bâtiment considéré à d'autres bâtiments, même lorsque ceux-ci présentent un nombre différent de zones et d'autres équipements techniques. À cette fin, les principaux paramètres de saisie et les résultats sont exprimés au niveau global du bâtiment. Il faut indiquer au minimum comme valeurs agrégées au niveau global du bâtiment, la géométrie du bâtiment, l'utilisation, le type et l'étendue du conditionnement, le besoin en énergie utile, les centrales de traitement d'air, les installations d'éclairage, les générateurs de vapeur ainsi que les installations de production de chaleur et de froid. En présence de plusieurs composants (par exemple : plusieurs installations de production de froid), ceux-ci doivent être agrégés en un système respectif. Lors de l'agrégation des installations de production, il faut distinguer entre les deux classes de vecteurs énergétiques suivantes :
  - l'électricité, c'est-à-dire l'énergie électrique et
  - la chaleur, c'est-à-dire les combustibles ainsi que les chauffages urbains.

Les valeurs spécifiques d'énergie sont toujours rapportées à la surface de référence énergétique  $A_n$ .

2. au niveau des composants: ce niveau permet d'interpréter le document de synthèse concernant le bâtiment et donne un aperçu des principaux composants énergétiques du bâtiment. À cette fin, les grandeurs caractéristiques des principaux composants du bâtiment doivent y figurer. Au minimum les grandeurs suivantes sont à indiquer :
  - géométrie et données sur les matériaux de l'enveloppe thermique du bâtiment;
  - nature, dimensions, conditionnement et système d'éclairage des zones;
  - centrales de traitement d'air existantes en indiquant les fonctions relatives au traitement de l'air et le besoin en électricité des ventilateurs;
  - besoin en énergie utile de chauffage et de refroidissement des systèmes de chauffage et de refroidissement statiques ainsi que des centrales de traitement d'air;
  - pour les générateurs de vapeur, les installations de production de chaleur et de froid, les indications relatives au système utilisé, à la déperdition d'énergie utile du générateur, au rapport consommation/besoin de l'installation de production, au besoin en énergie finale et à la quantité d'énergie auxiliaire.

Lors de la représentation des installations de production et du besoin en énergie finale, il faut différencier entre les deux classes de vecteurs énergétiques suivants : électricité et chaleur. Les valeurs spécifiques d'énergie doivent être indiquées au niveau des composants et par rapport à chaque surface conditionnée du bâtiment, c'est-à-dire que les valeurs spécifiques relatives au besoin en énergie finale et en énergie utile de refroidissement doivent être établies en fonction de la surface refroidie. Il faut représenter sous forme graphique les valeurs spécifiques mensuelles d'énergie finale pour la production de chaleur, de froid et de vapeur comme la somme de toutes les installations de production correspondantes (par exemple : toutes les installations de production de froid) par rapport à la surface conditionnée correspondante.

## 5 CONTENU DU CERTIFICAT DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE

### 5.1 Certificat de performance énergétique d'un bâtiment fonctionnel

Le certificat de performance énergétique établi sur base du besoin énergétique calculé doit contenir les informations et les indications suivantes.

#### 5.1.1 Informations requises sur chaque page

- date de d'établissement et durée de validité sous forme de la date d'expiration;
- numéro du certificat de performance énergétique et numéro d'identification de l'expert l'ayant établi.

#### 5.1.2 Informations générales

- désignation du bâtiment évalué;
- nom et adresse du propriétaire du bâtiment;
- nom et adresse de l'expert ayant établi le certificat de performance énergétique;
- motif de l'établissement du certificat de performance énergétique: demande du permis de construire, modification, extension, évaluation d'un bâtiment existant;
- date des deux échéances auxquelles une mise à jour du certificat de performance énergétique est nécessaire en ce qui concerne les données relatives à la consommation;
- signature de l'expert ayant établi le certificat;
- adresse du bâtiment concerné;
- indication où le propriétaire ou locataire peut obtenir des informations plus détaillées;
- mention « comme planifié » s'il s'agit d'un certificat de performance énergétique qui reflète la performance énergétique du bâtiment dans la phase de planification du bâtiment.

#### 5.1.3 Indications concernant le bâtiment

- catégorie du bâtiment conformément au chapitre 2.5;
- surface de référence énergétique  $A_n$  conformément au chapitre 6.2;
- zones du bâtiment avec l'indication de l'utilisation respective, de l'utilisation standard affectée et de la surface de plancher nette des zones conformément au chapitre 6.8 et représentation graphique de cette répartition;
- indication précisant si la zone est chauffée, climatisée, ventilée et/ou aérée;
- classification du besoin spécifique total en énergie primaire visé au chapitre 2.1 (classe de performance énergétique), du besoin pondéré en énergie finale visé au chapitre 3.2 (classe d'économie) et de la valeur spécifique d'émissions totales de  $\text{CO}_2$  visée au chapitre 6.22 du bâtiment fonctionnel dans la classe de performance énergétique (classe A+ à I) visée au chapitre 3.1;
- représentation des valeurs annuelles des besoins en énergie primaire, finale et utile en  $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  pour les systèmes techniques visés au chapitre 2.1 pour l'état réel et classement dans les classes de performance (classe A+ à I) visées au chapitre 3.1.
- valeur spécifique de consommation mesurée et estimée en énergie finale en  $\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$  conformément au chapitre 5.1.4 (pour les constructions neuves, à insérer après 4 ans d'utilisation);
  - l'année de consommation;
  - le vecteur énergétique utilisé pour chaque installation de production d'énergie utile;
  - la quantité consommée et l'unité de livraison et/ou de consommation relative au vecteur énergétique;
  - les consommations mesurées avec considération des corrections selon le chapitre 5.1.4 en  $\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$  pour les années de consommation prises en considération;
  - nom, adresse et signature de l'expert ayant inséré la valeur spécifique de consommation en énergie finale;
  - explications/remarques concernant les valeurs fournies, par exemple: influence des utilisations spéciales;
  - le cas échéant, recommandations conformément au chapitre 5.1.4.2.

#### 5.1.4 Indications concernant la consommation mesurée en énergie finale du bâtiment

Pour un bâtiment existant le certificat de performance énergétique d'un bâtiment fonctionnel selon le chapitre 5.1 est complété par la consommation énergétique mesurée et le cas échéant des recommandations de modernisation.

Lors de l'indication de la consommation énergétique mesurée, une distinction est faite entre électricité et chaleur. Par électricité on entend la consommation énergétique finale en énergie électrique pour les systèmes mentionnés au chapitre 7.1. Par chaleur on entend la consommation énergétique finale en combustibles ainsi que les chauffages urbains pour les systèmes mentionnés au chapitre 7.1.

Afin d'évaluer les consommations énergétiques mesurées pour l'électricité et la chaleur, il faut calculer la moyenne des valeurs spécifiques de consommation visées aux chapitres 7.6 et 7.7 des trois dernières années. Elles doivent être calculées à l'aide des équations suivantes :

$$e_{Vs} = \frac{\sum_{i=1}^3 e_{Vs,i}}{3} \quad \text{et} \quad e_{Vw} = \frac{\sum_{i=1}^3 e_{Vw,i}}{3}$$

où :

|            |                        |  |
|------------|------------------------|--|
| $e_{Vs}$   | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est la moyenne de la valeur spécifique de consommation électricité mesurée   |
| $e_{Vw}$   | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est la moyenne de la valeur spécifique de consommation chaleur mesurée   |
| $e_{Vs,i}$ | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est la valeur spécifique de consommation électricité d'un bâtiment conformément au chapitre 7.6 dans l'année i               |
| $e_{Vw,i}$ | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est la valeur spécifique de consommation chaleur d'un bâtiment conformément au chapitre 7.7 dans l'année i                   |
| i          | -                      | est le nombre d'années qui doivent être prises en considération pour déterminer la valeur spécifique de consommation (3 ans) |

La méthode pour le calcul du besoin en énergie ne prend pas en compte toutes les consommations du bâtiment, en particulier celles des utilisateurs. Pour cette raison, la consommation mesurée n'est pas comparable au besoin en énergie calculé selon le chapitre 6. Pour cette raison, une consommation estimative de référence est déterminée, qui consiste à estimer suivant le chapitre 7.1 la consommation totale en électricité  $e_{Ref,s}$  et en chaleur  $e_{Ref,w}$  du bâtiment, y compris les utilisateurs.

Les valeurs spécifiques de référence  $e_{Ref,w}$  et  $e_{Ref,s}$  correspondent à la consommation estimée du bâtiment. En fonction d'une valeur supérieure ou inférieure de  $e_{Vw}$  et  $e_{Vs}$  par rapport à  $e_{Ref,w}$  et  $e_{Ref,s}$ , une indication sur la performance réelle du bâtiment peut se déduire.

##### 5.1.4.1 Évaluation de la performance et des valeurs spécifiques énergétiques

En vue d'évaluer la performance énergétique du bâtiment, les corrections suivantes sont à appliquer :

- une correction tenant compte des surfaces inoccupées conformément aux chapitres 7.6.2 et 7.7.2,
- une correction temporelle conformément aux chapitres 7.6.3 et 7.7.3, ou
- la non possibilité de compléter les données de consommation en cas de données manquantes conformément au chapitre 7.9,

##### 5.1.4.2 Recommandations de modernisation visant une amélioration de la performance énergétique

Les recommandations de modernisation ont pour objectif de présenter des possibilités d'amélioration de la performance énergétique des bâtiments. Les recommandations de modernisation du niveau 1 doivent être jointes au certificat de performance énergétique d'un bâtiment fonctionnel existant si la classe du besoin de chauffage est  $\geq D$  ou si la classe de performance énergétique est  $\geq D$ . Dans un délai d'un an à partir de la date d'établissement du certificat de performance énergétique d'un bâtiment fonctionnel existant, les recommandations de modernisation du niveau 2 doivent être jointes au certificat de performance énergétique si la classe du besoin de chauffage est  $\geq F$  ou si la classe de performance énergétique est  $\geq F$ . Aux fins de l'élaboration des mesures visant une amélioration de la performance énergétique, deux niveaux sont définis avec

un degré de précision différent. Le niveau 1 prend en considération les principaux composants énergétiques d'un bâtiment, les évalue sur le plan qualitatif et attire l'attention sur d'éventuels points faibles. Le niveau 2 comprend, en plus, une analyse quantitative de l'état réel et permet ainsi de fournir des recommandations plus précises pour les mesures visant à améliorer la performance énergétique.

#### **a) Recommandations de modernisation - Niveau 1**

Les recommandations de modernisation du niveau 1 comprennent l'évaluation qualitative de la performance existante du corps du bâtiment et des installations techniques ainsi que l'identification des points faibles. Des indications générales concernant l'amélioration de la performance pour les points faibles doivent être fournies. L'évaluation de la performance doit être réalisée dans le cadre d'une inspection sur place. Il y a lieu d'évaluer la performance énergétique des principaux composants énergétiques et notamment :

- l'isolation de la façade;
- l'isolation du toit;
- les fenêtres;
- la protection solaire;
- les autres éléments de construction de l'enveloppe thermique;
- l'installation d'éclairage;
- les installations de ventilation;
- l'isolation des conduites d'eau chaude sanitaire, de distribution de chaleur et de froid et des gaines de ventilation;
- les installations de production de chaleur et de froid et les générateurs de vapeur.

Les recommandations de modernisation du niveau 1 doivent être reprises sur le certificat de performance énergétique sous la forme d'une liste des priorités.

#### **b) Recommandations de modernisation - Niveau 2**

Outre l'évaluation qualitative de la performance de la structure et des installations techniques conforme au niveau 1, les recommandations de modernisation du niveau 2 comprennent l'analyse quantitative de la structure des consommations d'énergie pour la chaleur et l'électricité ainsi que des conseils concernant la gestion de l'exploitation. Ce niveau permet de déterminer des mesures pertinentes visant l'amélioration de la performance énergétique. Pour les recommandations de modernisation, les économies d'énergie sont estimées afin de parvenir à des conclusions visant l'optimisation énergétique. Plus précisément, les analyses du niveau 2 doivent couvrir les points suivants :

- l'évaluation de la performance du corps du bâtiment et des installations techniques conformément au niveau 1;
- le contrôle du fonctionnement des installations de chauffage, de ventilation et de climatisation en fonction de la durée d'utilisation et du réglage. Pour les centrales de traitement d'air, il faut vérifier si les filtres ont été remplacés régulièrement. En ce qui concerne l'éclairage, il y a lieu de contrôler la présence de détecteurs de présence dans les zones générales ;
- l'analyse quantitative de la structure des consommateurs de chaleur et d'électricité. À cette fin, il faut répartir la consommation totale pour l'électricité entre les principaux consommateurs individuels et les systèmes techniques. Les principales parts de consommation doivent être expliquées. L'analyse peut se concentrer sur les principaux domaines de consommation. Cependant, il faut attribuer 60% au moins de la consommation électrique totale aux systèmes techniques et/ou aux consommateurs individuels ;
- la performance de toutes les consommations partielles individuelles doit être évaluée en tenant compte de chaque situation d'utilisation respective du bâtiment. Les mesures pertinentes en vue d'augmenter la performance énergétique doivent être déterminées. Les économies d'énergie et les frais d'investissement doivent être estimés et la rentabilité doit être déterminée grossièrement ;
- les mesures sont à réunir et à classer dans une liste des priorités, la priorité découlant de l'avantage énergétique et économique.



En vue de réaliser les analyses, outre l'expérience du conseiller en matière d'énergie, il est possible de s'appuyer sur les indications relatives à une analyse globale, fournies dans la directive allemande VDI 3807 - Feuille 4 « Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude – Teilkennwerte elektrische Energie ». Il est également recommandé, entre autres, de réaliser l'analyse des mesures de la courbe de charge.

Les recommandations de modernisation doivent être documentées dans un rapport et les résultats doivent être réunis dans le certificat de performance énergétique sous la forme d'une liste des priorités.

## 6 CALCULS DU BESOIN EN ÉNERGIE PRIMAIRE DES BÂTIMENTS FONCTIONNELS

Le bilan énergétique des bâtiments doit être réalisé avec les méthodes de calcul de la norme DIN V 18599, à l'exception des modifications indiquées ci-après. La version de la norme DIN V 18599, édition 2018, s'applique. Ci-après sont signalées :

- des références à la norme DIN V 18599 à partir desquelles les différentes parties du bilan énergétique sont à déterminer;
- des indications de calcul qui doivent être prises en considération lors de l'établissement du bilan énergétique, le cas échéant, par dérogation à la norme DIN V 18599.

La détermination du besoin en énergie primaire, obtenue d'après le besoin en énergie finale de la norme DIN V 18599, est représentée ci-après pour la période d'évaluation d'un an. Si le besoin en énergie finale est disponible sous forme de valeurs mensuelles, il faut d'abord calculer la somme annuelle.

Si les données du projet détaillé des installations, nécessaires au calcul conformément à la norme DIN V 18599, ne sont pas disponibles, il est possible d'utiliser les hypothèses standard de la norme DIN V 18599 (l'étude de l'éclairage constitue une exception).

### 6.1 Définition de données importantes concernant le bâtiment

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

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

Tableau 18 - Répartition de la surface de plancher d'un bâtiment en m<sup>2</sup>

#### 6.1.1 Surface de plancher

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

Les surfaces horizontales doivent être mesurées dans leurs dimensions réelles et les surfaces obliques en projection verticale sur un plan horizontal. Pour les cages d'escalier, les cages d'ascenseur et les gaines techniques, la surface de plancher est déterminée de la même façon comme si le plancher les traversait. Cela s'applique également aux trémies d'escalier d'une surface maximale de 15 m<sup>2</sup>. Dans les autres cas, il s'agit d'un espace qui ne fait pas partie de la surface de plancher.

#### 6.1.2 Surface de construction

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

### 6.1.3 Surface de plancher nette

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

### 6.1.4 Surface utile

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

### 6.1.5 Surface utile principale

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

### 6.1.6 Surface utile secondaire

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

### 6.1.7 Surface de circulation

Par « surface de circulation » on entend la partie de la surface de plancher nette qui assure exclusivement l'accès aux surfaces utiles. Les surfaces de circulation sont, par exemple, les couloirs situés en dehors de l'utilisation principale, les halls d'entrée, les escaliers, les rampes et les cages d'ascenseur.

### 6.1.8 Surface d'installations

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

## 6.2 Surface de référence énergétique $A_n$ en $m^2$

La surface de référence énergétique  $A_n$  correspond à la partie conditionnée (chauffée et/ou refroidie) de la surface de plancher nette d'un bâtiment fonctionnel. En cas d'un besoin énergétique dans une partie d'utilisation du bâtiment ou dans une zone ne faisant pas partie de la surface de référence énergétique, comme par exemple le besoin en éclairage d'un garage, il faut le prendre en considération dans le besoin en énergie du bâtiment. Cependant, la surface de cette partie d'utilisation du bâtiment ou de cette zone ne doit pas être prise en compte lors de la détermination de la surface de référence énergétique.

## 6.3 Surface de l'enveloppe thermique $A$ en $m^2$

La surface de l'enveloppe thermique  $A$  correspond à la surface d'enceinte transmettant la chaleur d'un bâtiment fonctionnel et elle doit être déterminée conformément à la norme DIN V 18599-1. Les surfaces à prendre en considération correspondent à la limite extérieure, au moins, de toutes les zones conditionnées conformément à la norme DIN V 18599-1.

#### 6.4 Volume conditionné brut $V_e$ en $m^3$

Le volume conditionné brut  $V_e$  correspond au volume de construction compris dans la surface de l'enveloppe thermique  $A$  du bâtiment (dimensions extérieures). Si  $V_e$  n'est pas connu mais que le volume thermiquement conditionné net  $V_n$  est connu, il est possible de calculer  $V_e$  selon une méthode simplifiée à l'aide de la formule suivante :  $V_e = V_n / 0,77$  en  $m^3$ .

#### 6.5 Volume thermiquement conditionné net $V_n$ en $m^3$

Le volume thermiquement conditionné net  $V_n$  correspond à la somme des volumes de tous les locaux conditionnés et il est obtenu en multipliant la surface de référence énergétique  $A_n$  par la hauteur libre moyenne des locaux de la surface de référence énergétique  $A_n$ .

#### 6.6 Rapport $A/V_e$ en $m^{-1}$

Le rapport  $A/V_e$  est la surface de l'enveloppe thermique  $A$  calculée conformément au chapitre 6.3 par rapport au volume conditionné brut  $V_e$  visé au chapitre 6.4.

#### 6.7 Climat de référence

Aux fins du bilan énergétique, il faut utiliser les conditions climatiques générales de la norme DIN V 18599 - Partie 10.

#### 6.8 Profils d'utilisation

Aux fins du bilan énergétique, les profils d'utilisation de la norme DIN V 18599 - Partie 10 sont à utiliser. Les utilisations 1 et 2 visées au tableau 5 de la norme DIN V 18599-10 peuvent être agrégées à l'utilisation 1.

Par dérogation à la norme DIN V 18599-10, tableau 5, il est possible d'appliquer pour les zones des utilisations 6 et 7 l'intensité de l'éclairage à mettre en place réellement sans excéder toutefois 1000 lx.

Pour les utilisations qui ne sont pas mentionnées dans la norme DIN V 18599-10, l'utilisation 17 prévue dans la norme DIN V 18599-10, tableau 5, peut être appliquée. Par dérogation, il est possible de déterminer individuellement et d'appliquer une utilisation sur la base de la norme DIN V 18599-10 suivant le niveau général des connaissances reconnu. Les données choisies doivent être justifiées et jointes au calcul de performance énergétique. Par défaut pour la zone avec un bassin, l'utilisation 31 conformément à la DIN V 18599-10, tableau 5 peut être sélectionnée avec une température de consigne de 32 °C sans fonctionnement par abaissement en dehors des heures d'exploitation, avec 365 jours d'exploitation.

#### 6.9 Directives relatives au zonage

Dans la mesure où, dans un bâtiment, des surfaces se distinguent considérablement par leur utilisation, leur équipement technique, les charges internes ou l'apport en lumière naturelle, le bâtiment doit être divisé en zones conformément à la norme DIN V 18599-1 en relation à la norme DIN V 18599-10.

#### 6.10 Énergie de chauffage

Le besoin spécifique en énergie primaire pour le système de chauffage et la fonction de chauffage de la centrale de traitement d'air  $q_{h,p}$  doit être évalué lorsque la température ambiante de consigne du bâtiment ou d'une zone du bâtiment est d'au moins 12 °C. Le calcul du besoin en énergie finale pour le chauffage doit être effectué conformément à la norme DIN V 18599 - Parties 2, 3, 5, 7, 9 et 10. En cas d'utilisation d'un générateur de chaleur non répertorié dans la DIN V 18599-5, les valeurs d'une simulation appropriée peuvent être utilisées pour le calcul conformément à ce chapitre et au chapitre 6.12 s'il est garanti qu'un système de surveillance approprié est installé. Dans ce cas, au cours des trois premières années de fonctionnement, la surveillance est à documenter et à évaluer.

La classe de besoin en chaleur de chauffage correspond au rapport entre les besoins de chauffage spécifiques du bâtiment à évaluer  $q_{h,b,WSK}$  et du bâtiment de référence  $q_{h,b,WSK,réf}$ .

Le besoin de chauffage spécifique pour la classe de besoin en chaleur de chauffage  $q_{h,b,WSK}$  est calculé par zone selon le principe du calcul pour  $Q_{h,b}$  dans la DIN V 18599-2 chapitre 5.2.2. La température de l'air soufflé du débit d'air extérieur requis de manière hygiénique  $\theta_{V,mech}$  est prise en compte dans le bilan de la zone en tant que température de l'air extérieur, mais avec l'inclusion d'une récupération de chaleur optionnelle en amont selon l'équation (98) DIN V 18599-2:2018-09. Nonobstant le calcul selon la norme DIN V 18599-2, une augmentation de la température due à la consommation électrique du ventilateur d'air soufflé  $\Delta\theta_{SUP}$  est prise en compte. L'équation est écrite comme suit:

$$\theta_{V,mech} = \theta_e + \eta_t \cdot (\theta_i - \theta_e) + \Delta\theta_{SUP}$$

|                      |    |   |
|----------------------|----|---|
| $\theta_{V,mech}$    | °C | température de l'air soufflé  |
| $\theta_i$           | °C | température à l'intérieur de la zone  |
| $\theta_e$           | °C | température à l'extérieur   |
| $\eta_t$             | %  | rendement de la récupération de chaleur   |
| $\Delta\theta_{SUP}$ | °C | augmentation de la température due à l'émission de chaleur du ventilateur d'air soufflé |

avec:

$$\Delta\theta_{SUP} = P_{SFP,Zuluft} \cdot 1,224^{-1}$$

où:

|                  |           |  |
|------------------|-----------|--|
| $P_{SFP,Zuluft}$ | kW/(m³/s) | consommation spécifique du ventilateur d'air soufflé |
|------------------|-----------|--|

Pour une consommation spécifique inconnue du ventilateur d'air soufflé  $P_{SFP,Zuluft}$ , elle peut être calculée à partir de la perte de pression totale du réseau de distribution de l'air soufflé au débit nominal  $\Delta p^*_{SUP}$  et du rendement total moyen  $\eta_v$  du ventilateur, du système de transmission, du moteur et du contrôle de la vitesse, comme suit:

$$P_{SFP,Zuluft} = \frac{\Delta p^*_{SUP}}{\eta_v \cdot 1000}$$

où:

|                    |    |   |
|--------------------|----|---|
| $\Delta p^*_{SUP}$ | Pa | Perte de pression totale du réseau de conduits d'air soufflé au débit volumétrique prévu                      |
| $\eta_v$           | -  | efficacité globale moyenne du ventilateur, du système de transmission, du moteur et du contrôle de la vitesse |

### Instructions de calcul pour la classe de besoin en chaleur de chauffage

Pour calculer la classe de besoin en chaleur de chauffage,  $\Delta\theta_{SUP}$  doit être utilisé avec 1,0 K.

Pour le calcul de la demande de chauffage spécifique pour la classe de protection thermique  $q_{h,b,WSK}$ , il convient d'utiliser la valeur avant la première itération selon DIN V 18599-1, qui doit encore être modifiée par l'influence de la source de chaleur par l'éclairage artificiel. L'influence des sources ou puits de chaleur internes spécifiques à l'installation (systèmes de chauffage, de refroidissement, d'eau potable et de ventilation) n'est pas prise en compte. Les apports de chaleur provenant du transfert et de la distribution des flux d'air ainsi que les besoins en énergie utile des registres de chauffage des systèmes de ventilation ne sont pas inclus dans le besoin de chauffage spécifique pour la classe de besoin en chaleur de chauffage  $q_{h,b,WSK}$ . De même, la source de chaleur interne de l'éclairage artificiel ne sera pas prise en compte pour ce calcul. Les sources de chaleur internes liées à l'utilisation (personnes, aides au travail, transport de substances) continueront d'être incluses. Le besoin de chauffage spécifique pour la classe de besoin en chaleur de chauffage  $q_{h,b,WSK}$  est un paramètre du bâtiment et correspond donc à l'énergie utile à fournir dans la zone, en tenant compte des pertes de chaleur de transmission et de ventilation (éventuellement avec récupération de chaleur) et des caractéristiques d'utilisation, sans tenir compte d'autres installations techniques.

Le besoin spécifique en énergie primaire pour le système de chauffage et la fonction de chauffage des centrales de traitement d'air  $q_{h,p}$  est calculé comme suit:

$$q_{h,p} = \frac{\sum_x \left( Q_{h,f,x} \cdot \frac{f_{p,x}}{f_{Hs} / H_{i,x}} \right)}{A_n}$$

où

|               |                        |  |
|---------------|------------------------|--|
| $q_{h,p}$     | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est le besoin spécifique en énergie primaire pour le système de chauffage et la fonction de chauffage de la centrale de traitement d'air   |
| $Q_{h,f,x}$   | kWh/a                  | est le besoin en énergie finale de l'installation de production de chaleur x pour la fourniture de chaleur utile au système de chauffage et de traitement d'air conformément à la norme DIN V 18599-5 en utilisant $Q_{h,b} = q_{h,b,WSK} \cdot A_n$ , avec $q_{h,b,WSK}$ défini au-dessus |
| $f_{p,x}$     | -                      | est le facteur d'énergie primaire de la source d'énergie de l'installation de production de chaleur x conformément au tableau 44   |
| $f_{Hs/Hi,x}$ | -                      | est le facteur de conversion du pouvoir calorifique supérieur en pouvoir calorifique inférieur de la source d'énergie de l'installation de production de chaleur x conformément au tableau 46  |

Le besoin spécifique en chaleur de chauffage  $q_{h,b}$  est calculé par zone conformément à la norme DIN V 18599-2. La température d'entrée d'air du débit volumétrique d'air extérieur requis en raison de l'hygiène est prise en considération dans le bilan par zone comme la température de l'air extérieur en tenant compte d'une récupération thermique éventuelle en amont, selon l'équation (98) de la norme DIN V 18599-2:2018-09. Les déperditions de chaleur dues à la transmission et à la distribution des débits de renouvellement d'air et au besoin en énergie utile des batteries de chauffage des centrales de traitement d'air ne sont pas comprises dans le besoin spécifique en chaleur de chauffage. Le besoin spécifique en chaleur de chauffage correspond donc à l'énergie utile à fournir dans la zone en tenant compte des pertes de ventilation et d'une récupération de chaleur mais sans prendre en considération les autres installations techniques.

$$q_{h,b} = \frac{\sum_z Q'_{h,b,z}}{A_n}$$

où:

|              |                        |   |
|--------------|------------------------|---|
| $q_{h,b}$    | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est le besoin spécifique en chaleur de chauffage  |
| $Q'_{h,b,z}$ | kWh/a                  | est le besoin en chaleur de chauffage de la zone du bâtiment avant l'itération en tenant compte de la définition existante de $q_{h,b}$ |

La conversion des exigences concernant l'étanchéité à l'air du bâtiment  $q_{50}$ , visées au tableau 11, en la valeur d'étanchéité à l'air du bâtiment  $n_{50}$ , requise par la norme DIN V 18599, est effectuée à l'aide de l'équation suivante :

$$n_{50} = q_{50} \cdot \frac{A \cdot 0,9}{V_n}$$

où:

|          |                                     |   |
|----------|-------------------------------------|---|
| $q_{50}$ | m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> ) | est la mesure de l'étanchéité à l'air du bâtiment, c'est-à-dire le débit volumétrique mesuré pour une différence de pression de 50 Pa par rapport à la surface de l'enveloppe du bâtiment |
| $n_{50}$ | 1/h                                 | est la perméabilité à l'air, c'est-à-dire le débit volumétrique mesuré pour une différence de pression de 50 Pa par rapport au volume conditionné net $V_n$                               |
| $A$      | m <sup>2</sup>                      | est la surface de l'enveloppe thermique conformément au chapitre 6.3.   |
| $0,9$    | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>      | est le facteur de conversion global de la référence des dimensions extérieures en référence des dimensions intérieures de la surface de l'enveloppe thermique $A$                         |
| $V_n$    | m <sup>3</sup>                      | est le volume conditionné net conformément au chapitre 6.5  |

## 6.11 Détermination du renouvellement d'air par fenêtre

Par dérogation à la norme DIN V 18599-2 au chapitre 6.3.2.2, le nombre minimum de changements d'air  $n_{win,min}$ , indépendamment de l'infiltration et du changement d'air du système de ventilation, est à évaluer avec la hauteur libre du local et est calculée comme suit :

$$n_{win,min} = \min \left( 0,1; 0,1 \cdot \frac{3}{h_R} \right)$$

|               |     |  |
|---------------|-----|--|
| $n_{win,min}$ | 1/h | nombre minimum de changement d'air par fenêtre indépendamment de l'infiltration et du changement d'air du système de ventilation |
| $h_R$         | M   | hauteur libre du local   |

## 6.12 Eau chaude sanitaire

Le calcul du besoin en énergie finale pour l'eau chaude sanitaire doit être effectué conformément à la norme DIN V 18599 - Parties 2, 6 et 9. Le besoin spécifique en énergie primaire pour l'eau chaude sanitaire  $q_{ww,p}$  est calculé comme suit:

$$q_{ww,p} = \frac{\sum_x \left( Q_{w,f,x} \cdot \frac{f_{p,x}}{f_{Hs} / H_{i,x}} \right)}{A_n}$$

où:

|                  |                        |   |
|------------------|------------------------|---|
| $q_{ww,p}$       | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est le besoin spécifique en énergie primaire, eau chaude sanitaire  |
| $Q_{w,f,x}$      | kWh/a                  | est le besoin en énergie finale de l'installation de production de chaleur x pour la fourniture de chaleur utile au système d'eau chaude sanitaire conformément à la norme DIN V 18599-8      |
| $f_{p,x}$        | m <sup>2</sup>         | est le facteur d'énergie primaire de la source d'énergie de l'installation de production de chaleur x conformément au tableau 44  |
| $f_{Hs/H_{i,x}}$ | m <sup>2</sup>         | est le facteur de conversion du pouvoir calorifique supérieur en pouvoir calorifique inférieur de la source d'énergie de l'installation de production de chaleur x conformément au tableau 46 |

## 6.13 Humidification par la vapeur

Le besoin spécifique en énergie primaire pour l'humidification par la vapeur  $q_{m,p}$  doit être évalué lorsque, pour le bâtiment ou une zone du bâtiment, un tel approvisionnement doit être prévu en raison de l'utilisation d'une centrale de traitement d'air pendant plus de deux mois par an en moyenne. Le calcul du besoin en énergie finale pour l'humidification par la vapeur de l'air, tel que prévu au chapitre 2, doit être effectué conformément à la norme DIN V 18599 - Partie 3 ainsi qu'à la norme DIN V 18599 - Partie 7. Le besoin spécifique en énergie primaire pour l'humidification par la vapeur  $q_{m,p}$  est calculé comme suit:

$$q_{m,p} = \frac{\sum_x \left( Q_{m,f,x} \cdot \frac{f_{p,x}}{f_{Hs} / H_{i,x}} \right)}{A_n}$$

où :

|                  |                        |  |
|------------------|------------------------|--|
| $q_{m,p}$        | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est le besoin spécifique en énergie primaire, humidification par la vapeur   |
| $Q_{m,f,x}$      | kWh/a                  | est le besoin en énergie finale du générateur de vapeur x pour humidifier l'air fourni conformément à la norme DIN V 18599-7   |
| $f_{p,x}$        | m <sup>2</sup>         | est le facteur d'énergie primaire de la source d'énergie du générateur de vapeur x conformément au tableau 44  |
| $f_{Hs/H_{i,x}}$ | m <sup>2</sup>         | est le facteur de conversion du pouvoir calorifique supérieur en pouvoir calorifique inférieur de la source d'énergie du générateur de vapeur x conformément au tableau 46 |

## 6.14 Froid

Le besoin spécifique en énergie primaire pour le système de refroidissement et la fonction de refroidissement de la centrale de traitement d'air  $q_{c,p}$  doit être évalué lorsque, pour le bâtiment ou une zone du bâtiment, l'utilisation d'une technique de refroidissement est prévue. Le calcul du besoin en énergie finale pour le refroidissement et la déshumidification doit être effectué conformément à la norme DIN V 18599 - Parties 2, 3, 5, 7 et 9. Contrairement à la DIN 18599 où le besoin électrique du refroidissement de la chaleur perdue lors de la production de froid est indiqué en tant qu'énergie auxiliaire, ce besoin est pris en compte dans le besoin en énergie pour le refroidissement. En cas d'utilisation d'un producteur de froid non répertorié dans la DIN V 18599-7, les valeurs d'une simulation appropriée peuvent être utilisées pour le calcul conformément à ce chapitre s'il est garanti qu'un système de surveillance approprié est installé. Dans ce cas, la surveillance est à documenter et à évaluer au cours des trois premières années de fonctionnement. Le besoin spécifique en énergie primaire pour le système de refroidissement et la fonction de refroidissement de la centrale de traitement d'air  $q_{c,p}$  est calculé comme suit:

$$q_{c,p} = \frac{\sum_x (Q_{C,f,elektr,x} \cdot f_{p,Strom-Mix})}{A_n} + \frac{\sum_y \left( Q_{C,f,therm,y} \cdot \frac{f_{p,y}}{f_{Hs/Hi,y}} \right)}{A_n} + \frac{\sum_z (Q_{C,f,R,z} \cdot f_{p,Strom-Mix})}{A_n}$$

où :

|                    |           |   |
|--------------------|-----------|---|
| $q_{c,p}$          | kWh/(m²a) | est le besoin spécifique en énergie primaire pour le système de refroidissement et la fonction de refroidissement des centrales de traitement d'air   |
| $Q_{C,f,elektr,x}$ | kWh/a     | est le besoin en énergie finale de la machine frigorifique à compression conformément à la norme DIN V 18599-7  |
| $Q_{C,f,therm,y}$  | kWh/a     | est le besoin en énergie finale de l'installation de production de chaleur ou du générateur de vapeur y pour alimenter la machine frigorifique à absorption conformément à la norme DIN V 18599-7                         |
| $Q_{C,f,R,z}$      | kWh/a     | est le besoin en énergie finale de l'installation de refroidissement conformément à la norme DIN V 18599-7  |
| $f_{p,y}$          | [-]       | est le facteur d'énergie primaire de la source d'énergie de l'installation de production de chaleur ou du générateur de vapeur y, conformément au tableau 44  |
| $f_{p,Strom-Mix}$  | [-]       | est le facteur d'énergie primaire pour le vecteur énergétique « mix de l'électricité » conformément au tableau 44   |
| $f_{Hs/Hi,y}$      | [-]       | est le facteur de conversion du pouvoir calorifique supérieur en pouvoir calorifique inférieur de la source d'énergie de l'installation de production de chaleur ou du générateur de vapeur y, conformément au tableau 46 |

Le tableau 14 de la DIN V 18599-7:2018-09 reprenant les facteurs pour le refroidissement d'une pièce, sera remplacé par le tableau 19 et le niveau de température est à choisir conformément au tableau 19 avec le facteur relatif, sans possibilité d'interpolation.

| Système frigorifique  | ventilateur | $n_{c,ce,sens}$ | $n_{c,ce}$ | $n_{c,d}$ |
|---|-------------|-----------------|------------|-----------|
| Eau froide 6/12 sans ventilateur, p. ex. convecteur         | non         | 0,87            | 1,00       | 0,90      |
| Eau froide 6/12 avec ventilateur, p. ex. ventiloconvecteur  | oui         | 0,87            | 1,00       | 0,90      |
| Eau froide 8/14 sans ventilateur, p. ex. convecteur         | non         | 0,90            | 1,00       | 0,90      |
| Eau froide 8/14 avec ventilateur, p. ex. ventiloconvecteur  | oui         | 0,90            | 1,00       | 0,90      |
| Eau froide 14/18 sans ventilateur, p. ex. convecteur        | non         | 1,00            | 1,00       | 1,00      |
| Eau froide 14/18 avec ventilateur, p. ex. ventiloconvecteur | oui         | 1,00            | 1,00       | 1,00      |
| Eau froide 16/18, p. ex. plafond froid                      | non         | 1,00            | 1,00       | 1,00      |
| Eau froide 18/20, p. ex. dalle active                       | non         | 1,00            | 0,90       | 1,00      |
| Eau froide 20/22 p. ex. dalle active                        | non         | 1,00            | 0,90       | 1,00      |
| Détente directe   | non         | 0,87            | 1,00       | 1,00      |

Tableau 19 - des facteurs (valeur annuelle) pour le refroidissement d'une pièce

Le calcul du besoin en énergie auxiliaire pour l'installation de refroidissement suivant formule (25) de la DIN V 18599-7:2018-09 sera ajusté.

Dans le cas d'un fonctionnement automatisé et basé sur le besoin, le facteur de conversion pour d'autres utilisations est déterminé en utilisant une durée d'utilisation moyenne pondérée selon le besoin.

La durée de vie utile à appliquer dans une zone refroidie i correspond à la valeur maximale des heures de fonctionnement de refroidissement des zones (GEB) et de refroidissement pour la ventilation (RLT), comme indiqué dans le tableau 16 de la DIN V 18599-7:2018-09. Pour le cas où une zone de circulation (profile 19 selon le tableau 16 de la DIN V 18599-7:2018-09) sera refroidie, les heures  $t_{RLT}$  et  $t_{GEB}$  de l'utilisation principale du bâtiment sont prises en compte.

$$f_{Nutz,i} = \max(t_{RLT,i}; t_{GEB,i})$$

|              |   |   |
|--------------|---|---|
| $f_{Nutz,i}$ | H | facteur de conversion pour d'autres utilisations en fonction de la demande pour la zone i alimentée en froid                                  |
| $t_{RLT,i}$  | H | valeur de référence de la zone i pour la période d'utilisation du refroidissement pour la ventilation selon le tableau 16 de la DIN V 18599-7 |



|             |   |   |
|-------------|---|---|
| $t_{GEB,i}$ | H | valeur de référence de la zone i pour la période d'utilisation du refroidissement du bâtiment selon le tableau 16 de la DIN V 18599-7 |
|-------------|---|---|

Contrairement à la norme DIN V 18599-7, le facteur  $f_{Nutz}$  est formé en tant que moyenne pondérée en fonction de la demande pour toutes les zones i alimentées en froid.

$$f_{Nutz} = \frac{\sum_i (f_{Nutz,i} \cdot q_{c,outg,i})}{q_{c,outg}}$$

où :

|                |       |  |
|----------------|-------|--|
| $f_{Nutz}$     | H     | moyenne pondérée du facteur de conversion pour d'autres utilisations en fonction de la demande pour toutes les zones alimentées en froid |
| $q_{c,outg,i}$ | kWh/a | besoin en froid utile proportionné d'un producteur de froid pour la zone i avec un besoin en froid                                       |
| $q_{c,outg}$   | kWh/a | froid utile fourni par le producteur de froid  |

## 6.15 Éclairage

Le besoin spécifique en énergie primaire pour l'éclairage  $q_{l,p}$  doit être évalué lorsque, dans un bâtiment ou une zone du bâtiment, une intensité de l'éclairement d'au moins 75 lx est requise. Le calcul du besoin en énergie finale pour l'éclairage doit être effectué conformément à la norme DIN V 18599 - Partie 4. Le besoin spécifique en énergie primaire pour l'éclairage  $q_{l,p}$  est calculé comme suit:

$$q_{l,p} = \frac{\sum_z (Q_{l,f,z} \cdot f_{p,Strom-Mix})}{A_n}$$

où :

|                   |           |   |
|-------------------|-----------|---|
| $q_{l,p}$         | kWh/(m²a) | est le besoin spécifique en énergie primaire pour l'éclairage   |
| $Q_{l,f,z}$       | kWh/a     | est le besoin en énergie finale pour éclairer la zone Z conformément à la norme DIN V 18599-4                     |
| $f_{p,Strom-Mix}$ | [-]       | est le facteur d'énergie primaire pour le vecteur énergétique « mix de l'électricité » conformément au tableau 44 |

### Remarques concernant le calcul

Lors du calcul, les valeurs extraites de la planification spécialisée et détaillée ne doivent pas être utilisées pour l'établissement du certificat de performance énergétique.

## 6.16 Ventilation

Le besoin spécifique en énergie primaire pour la ventilation  $q_{v,p}$  doit être pris en compte dans le bilan lorsque, pour le bâtiment ou une zone du bâtiment, l'utilisation d'une centrale de traitement d'air est prévue pendant plus de deux heures par jour en moyenne ou un mois par an. Une installation de ventilation de cuisine (hottes de cuisine) est à considérer pour le besoin spécifique en énergie primaire.

Les installations techniques de sécurité (par exemple : aération en surpression en cas d'incendie, installations de désenfumage) et les ventilateurs permettant d'éviter les surchauffes des installations du bâtiment (par exemple : ascenseurs) ne sont pas pris en compte.

Le calcul du besoin en énergie finale pour les installations de ventilation doit être effectué conformément à la norme DIN V 18599 - Parties 3 et 7. Le besoin spécifique en énergie primaire pour la ventilation  $q_{v,p}$  est calculé comme suit:

$$q_{v,p} = \frac{\sum_x (Q_{v,E,x} \cdot f_{p,Strom-Mix})}{A_n}$$

où :

|             |           |  |
|-------------|-----------|--|
| $q_{v,p}$   | kWh/(m²a) | est le besoin spécifique en énergie primaire pour la ventilation   |
| $Q_{v,E,x}$ | kWh/a     | est le besoin en énergie finale pour la ventilation de la centrale de traitement d'air (x) conformément à la norme DIN V 18599-3 (équivalent au besoin en énergie utile) |

$f_{p,Strom-Mix}$  [-] est le facteur d'énergie primaire pour le vecteur énergétique « mix de l'électricité » conformément au tableau 44

Par dérogation à cette disposition, une régulation du débit volumétrique en fonction des besoins, en cas de ventilation par ouverture des fenêtres, ne peut être adoptée que pour la catégorie IDA-C6 (détecteurs de gaz). L'application de ce concept de ventilation implique une ventilation par ouverture des fenêtres automatisée et régulée en fonction des besoins, avec des fermetures ou des vannes motorisées ainsi que des détecteurs de gaz appropriés. Les détecteurs et le concept de ventilation doivent être déterminés pour tous les locaux de chaque zone selon des règles de planification et les détecteurs doivent être calibrés à intervalles réguliers.

### 6.17 Énergie auxiliaire

Le besoin spécifique en énergie primaire pour l'énergie auxiliaire doit être évalué pour le système de chauffage et la fonction de chauffage de la centrale de traitement d'air, pour le système de refroidissement et la fonction de refroidissement de la centrale de traitement d'air, pour l'humidification, pour la préparation d'eau chaude sanitaire et l'éclairage  $q_{aux,p}$ . Le calcul du besoin en énergie finale pour l'énergie auxiliaire doit être effectué conformément à la norme DIN V 18599 - Parties 2 à 9. Le besoin spécifique en énergie primaire pour l'énergie auxiliaire  $q_{aux,p}$  est calculé comme suit:

$$q_{aux,p} = \frac{(Q_{h,aux} + Q_{c,aux} + Q_{h^*,aux} + Q_{w,aux}) \cdot f_{p,Strom-Mix}}{A_n}$$

où :

|                   |           |  |
|-------------------|-----------|--|
| $q_{aux,p}$       | kWh/(m²a) | est le besoin spécifique en énergie primaire pour l'énergie auxiliaire pour le système de chauffage et la fonction de chauffage de la centrale de traitement d'air, pour le système de refroidissement et la fonction de refroidissement de la centrale de traitement d'air, pour l'humidification, la préparation d'eau chaude sanitaire et l'éclairage |
| $Q_{h,aux}$       | kWh/a     | est l'énergie auxiliaire pour le système de chauffage conformément à la norme DIN V 18599-5  |
| $Q_{c,aux}$       | kWh/a     | est l'énergie auxiliaire pour le traitement d'air et la production de froid dans les locaux conformément à la norme DIN V 18599-7, à l'exception de l'énergie pour les installations de refroidissement  |
| $Q_{h^*,aux}$     | kWh/a     | est l'énergie auxiliaire pour la fourniture de chaleur destinée à la centrale de traitement d'air conformément à la norme DIN V 18599-5  |
| $Q_{w,aux}$       | kWh/a     | est l'énergie auxiliaire pour l'approvisionnement en eau chaude sanitaire conformément à la norme DIN V 18599-8  |
| $f_{p,Strom-Mix}$ | [-]       | est le facteur d'énergie primaire pour la source d'énergie « mix de l'électricité » conformément au tableau 44   |

### 6.18 Production et autoconsommation d'une installation photovoltaïque, d'une éolienne et/ou d'une cogénération

#### 6.18.1 Répartition de la demande totale en électricité entre les durées utiles et non utiles

Les heures avec exploitation et les heures sans exploitation sont considérées séparément dans la procédure de bilan mensuel. Le besoin en énergie finale mensuel en électricité  $Q_{f,M,elektr}$  du bâtiment, déterminé sur la base de la norme DIN V 18599, est subdivisé en heures d'exploitation (NZ) et heures sans exploitation (NNZ). Il est supposé que les besoins en énergie totale pour l'éclairage, l'approvisionnement en eau chaude, le refroidissement et la ventilation sont requis pendant les heures d'exploitation. Le besoin requis pour le chauffage est toutefois proportionnel aux heures d'exploitation et aux heures sans exploitation.

$$Q_{f,NZ,M,elektr} = (Q_{l,M,elektr} + Q_{ww,M,elektr} + Q_{c,M,elektr} + Q_{v,M,elektr} + Q_{h,M,elektr} + Q_{m,M,elektr} + Q_{aux,M,elektr}) \cdot \frac{t_{Nutz,d}}{24} \cdot \frac{d_{Nutz,a}}{365}$$

$$Q_{f,NNZ,M,elektr} = Q_{f,M,elektr} - Q_{f,NZ,M,elektr}$$

où:

|                      |       |  |
|----------------------|-------|--|
| $Q_{f,NZ,M,elektr}$  | kWh/M | besoin en énergie finale en électricité par mois pendant les heures d'exploitation   |
| $Q_{f,NNZ,M,elektr}$ | kWh/M | besoin en énergie finale en électricité par mois en dehors des heures d'exploitation |
| $Q_{f,M,elektr}$     | kWh/M | besoin en énergie finale en électricité par mois du bâtiment selon le chapitre 6     |

|                    |       |   |
|--------------------|-------|---|
| $Q_{l,M,elektr}$   | kWh/M | besoin en énergie finale en électricité par mois pour l'éclairage selon le chapitre 6.15            |
| $Q_{ww,M,elektr}$  | kWh/M | besoin en énergie finale en électricité par mois pour l'eau chaude sanitaire selon le chapitre 6.11 |
| $Q_{c,M,elektr}$   | kWh/M | besoin en énergie finale en électricité par mois pour le froid selon le chapitre 6.14               |
| $Q_{v,M,elektr}$   | kWh/M | besoin en énergie finale en électricité par mois pour la ventilation selon le chapitre 6.16         |
| $Q_{h,M,elektr}$   | kWh/M | besoin en énergie finale en électricité par mois pour le chauffage selon le chapitre 6.10           |
| $Q_{m,M,elektr}$   | kWh/M | besoin en énergie finale en électricité par mois pour l'humidification selon le chapitre 6.13       |
| $Q_{aux,M,elektr}$ | kWh/M | besoin en énergie finale en électricité par mois pour l'énergie auxiliaire selon le chapitre 6.17   |
| $t_{Nutz,d}$       | h/d   | moyenne heures d'exploitation par jour selon le chapitre 6.18.2                                     |
| $d_{Nutz,a}$       | d/a   | moyenne de jour d'exploitation par an selon le chapitre 6.18.2                                      |

Le besoin mensuel en électricité est divisé en besoin en électricité pendant les heures d'exploitation et en dehors des heures d'exploitation. De plus, le besoin mensuel en électricité est divisé en besoin en électricité pendant les heures en dehors des jours d'exploitation et pendant les heures en dehors des heures d'exploitation des jours d'exploitations.

$$Q_{f,NNT,M,elektr} = Q_{f,M,elektr} \cdot \frac{365 - d_{Nutz,a}}{365}$$

$$Q_{f,NNZ,NT,M,elektr} = Q_{f,M,elektr} \cdot \frac{24 - t_{Nutz,d}}{24} \cdot \frac{d_{Nutz,a}}{365}$$

où:

|                         |       |   |
|-------------------------|-------|---|
| $Q_{f,NNT,M,elektr}$    | kWh/M | besoin en énergie finale en électricité par mois pendant les jours sans exploitation                                  |
| $Q_{f,NNZ,NT,M,elektr}$ | kWh/M | besoin en énergie finale en électricité par mois en dehors des heures d'exploitation pendant les jours d'exploitation |

La somme mensuelle du besoin en électricité  $Q_{f,NZ,M,elektr}$  pendant la période d'exploitation et du besoin en électricité en dehors de la période d'exploitation  $Q_{f,NNZ,M,elektr}$  correspond au besoin total mensuel en électricité  $Q_{f,M,elektr}$  du bâtiment évalué.

$$Q_{f,M,elektr} = Q_{f,NZ,M,elektr} + Q_{f,NNZ,M,elektr}$$

et :

$$Q_{f,NNZ,M,elektr} = Q_{f,NNT,M,elektr} + Q_{f,NNZ,NT,M,elektr}$$

### 6.18.2 Nombre d'heures et de jours d'exploitation

La moyenne des heures d'exploitation par jour et le nombre de jours d'exploitation pendant l'année peut être déterminée conformément au chapitre 6.8 et de la DIN V 18599-10. Il s'agit d'une moyenne pondérée par rapport aux surfaces :

$$t_{Nutz,d} = \frac{\sum_i (t_{Nutz,d,i} \cdot A_{n,h,i})}{\sum_i A_{n,h,i}}$$

$$d_{Nutz,a} = \frac{\sum_i (d_{Nutz,a,i} \cdot A_{n,h,i})}{\sum_i A_{n,h,i}}$$

$$t_{Nutz,a} = d_{Nutz,a} \cdot t_{Nutz,d}$$

où:

|                |                |   |
|----------------|----------------|---|
| $t_{Nutz,a}$   | h/a            | moyenne des heures d'exploitation par an                              |
| $t_{Nutz,d,i}$ | h/d            | heures d'exploitation par jour et zone i conformément au chapitre 6.8 |
| $d_{Nutz,a,i}$ | d/a            | jours d'exploitation par an et zone i au chapitre 6.8                 |
| $A_{n,h,i}$    | m <sup>2</sup> | surface de référence énergétique de la zone i                         |

### 6.18.3 L'ordre de source d'énergie utilisée pour l'autoconsommation

S'il existe plusieurs producteurs d'électricité, la priorité suivante est appliquée pour l'ordre de source d'énergie utilisée pour l'autoconsommation

1. Électricité produite par une installation photovoltaïque
2. Électricité produite par une éolienne
3. Électricité produite par une cogénération
4. Électricité qui a été stockée dans une batterie

L'autoconsommation électrique mensuelle totale sans système de batterie  $Q_{use,ges,M}$  des trois sources de production d'électricité se calcule comme suit :

$$Q_{use,ges,M} = Q_{PV,use,M} + Q_{WEA,use,M} + Q_{CHP,use,M}$$

où:

|                 |       |  |
|-----------------|-------|--|
| $Q_{use,ges,M}$ | kWh/M | autoconsommation électrique mensuelle totale sans système de batterie  |
| $Q_{PV,use,M}$  | kWh/M | autoconsommation d'électricité mensuelle produite par une installation photovoltaïque sans système de batterie |
| $Q_{WEA,use,M}$ | kWh/M | autoconsommation d'électricité mensuelle produite par une éolienne sans système de batterie                    |
| $Q_{CHP,use,M}$ | kWh/M | autoconsommation d'électricité mensuelle produite par cogénération sans système de batterie                    |

#### 6.18.4 Autoconsommation d'électricité provenant d'une installation photovoltaïque

##### 6.18.4.1 Besoin en électricité pendant les périodes avec rayonnement solaire pertinent

Le besoin en électricité pendant les périodes avec rayonnement solaire pertinent  $t_{IG,day}$  est calculé séparément pour chaque mois pour les heures d'exploitation et les heures en dehors des heures d'exploitation.

Pendant les heures d'exploitation :

$$Q_{f,day,NZ,M,elektr} = \begin{cases} \frac{t_{IG,day}}{t_{Nutz,d}} \cdot Q_{f,NZ,M,elektr} & \text{si } t_{IG,day} \leq t_{Nutz,d} \\ Q_{f,NZ,M,elektr} & \text{si } t_{IG,day} > t_{Nutz,d} \end{cases}$$

En dehors des heures d'exploitation :

$$Q_{f,day,NNZ,M,elektr} = \begin{cases} \frac{t_{IG,day}}{24} \cdot Q_{f,NNZ,M} & \text{si } t_{IG,day} \leq t_{Nutz,d} \\ \frac{t_{IG,day}}{24} \cdot Q_{f,NNZ,M} + \frac{t_{IG,day} - t_{Nutz,d}}{24 - t_{Nutz,d}} \cdot Q_{f,NNZ,NT,M} & \text{si } t_{IG,day} > t_{Nutz,d} \end{cases}$$

où:

|                          |       |  |
|--------------------------|-------|--|
| $Q_{f,day,NZ,M,elektr}$  | kWh/M | besoin en électricité mensuel pendant les heures d'exploitation et pendant la période $t_{IG,day}$   |
| $Q_{f,day,NNZ,M,elektr}$ | kWh/M | besoin en électricité mensuel en dehors des heures d'exploitation et pendant la période $t_{IG,day}$ |
| $t_{IG,day}$             | h/d   | durée moyenne de la période avec rayonnement solaire pertinent conformément au tableau 20            |

| mois         | jan | fév | mar | avr  | mai  | jun  | jul  | aoû  | sep | oct | nov | déc |
|--------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| $t_{IG,day}$ | 3,5 | 6,5 | 8,4 | 10,5 | 12,3 | 13,2 | 13,0 | 11,1 | 9,4 | 6,9 | 4,2 | 2,8 |

Tableau 20 - Durée moyenne en h/d de la période avec rayonnement solaire pertinent par mois,  $t_{IG,day}$

##### 6.18.4.2 Répartition de la production d'une installation photovoltaïque en production pendant et en dehors des heures d'exploitation

La production d'électricité mensuelle d'une installation photovoltaïque conformément à la DIN V 18599-10 au chapitre 7 doit être répartie dans une production pendant et en dehors des heures d'exploitation comme suit :

Pendant les heures d'exploitation :

$$Q_{f,PV,NZ,M} = \begin{cases} \frac{d_{Nutz,a}}{365} \cdot Q_{f,prod,PV,M} & \text{si } t_{IG,day} \leq t_{Nutz,d} \\ \frac{d_{Nutz,a}}{365} \cdot \frac{t_{Nutz,d}}{t_{IG,day}} \cdot Q_{f,prod,PV,M} & \text{si } t_{IG,day} > t_{Nutz,d} \end{cases}$$

En dehors des heures d'exploitation :

$$Q_{f,PV,NNZ,M} = Q_{f,prod,PV,M} - Q_{f,PV,NZ,M}$$

où:

|                   |       |   |
|-------------------|-------|---|
| $Q_{f,PV,NZ,M}$   | kWh/M | production d'électricité mensuelle d'une installation photovoltaïque pendant les heures d'exploitation            |
| $Q_{f,PV,NNZ,M}$  | kWh/M | production d'électricité mensuelle d'une installation photovoltaïque en dehors des heures d'exploitation          |
| $Q_{f,prod,PV,M}$ | kWh/M | production d'électricité mensuelle d'une installation photovoltaïque conformément à la DIN V 18599-10, chapitre 7 |

#### 6.18.4.3 Détermination de l'autoconsommation de l'électricité produite par une installation photovoltaïque

L'autoconsommation de l'électricité produite par une installation photovoltaïque se détermine séparément pendant et en dehors des heures d'exploitation. À cet égard la production d'électricité pendant la période  $t_{IG,day}$  est comparée au besoin en électricité pendant cette même période.

L'autoconsommation de l'électricité mensuelle produite par une installation photovoltaïque se détermine par la somme de l'énergie autoconsommée pendant et en dehors des heures d'exploitation.

$$Q_{PV,use,M} = Q_{PV,use,NZ,M} + Q_{PV,use,NNZ,M}$$

avec:

$$Q_{PV,use,NZ,M} = f_{PV,korr,NZ,M} \cdot \min \left( \frac{Q_{f,day,NZ,M}}{Q_{f,PV,NZ,M}} \right)$$

$$Q_{PV,use,NNZ,M} = f_{PV,korr,NNZ,M} \cdot \min \left( \frac{Q_{f,day,NNZ,M}}{Q_{f,PV,NNZ,M}} \right)$$

où:

|                     |       |   |
|---------------------|-------|---|
| $Q_{PV,use,NZ,M}$   | kWh/M | autoconsommation de l'électricité mensuelle produite par une installation photovoltaïque pendant les heures d'exploitation  |
| $Q_{PV,use,NNZ,M}$  | kWh/M | autoconsommation de l'électricité mensuelle produite par une installation photovoltaïque en dehors des heures d'exploitation  |
| $f_{PV,korr,NZ,M}$  | -     | facteur de correction mensuel pour tenir compte des fluctuations climatiques pendant les heures d'exploitation, en fonction du ratio $Q_{PV,NZ,M}/Q_{f,day,NZ,M}$     |
| $f_{PV,korr,NNZ,M}$ | -     | facteur de correction mensuel pour tenir compte des fluctuations climatiques en dehors des heures d'exploitation, en fonction du ratio $Q_{PV,NNZ,M}/Q_{f,day,NNZ,M}$ |

Pour tenir compte des fluctuations climatiques pendant et en dehors des heures d'exploitation, il est nécessaire d'utiliser les facteurs mensuels  $f_{PV,korr,NZ,M}$  et  $f_{PV,korr,NNZ,M}$  conformément au tableau 21 et de les interpoler si nécessaire. Les facteurs sont dépendants du ratio ( $Q_{prod}/Q_{need,day}$ ) de la production mensuelle et du besoin mensuel en électricité.

$$Q_{prod}/Q_{need,day} = \frac{Q_{f,PV,NZ/NNZ,M}}{Q_{f,day,NZ/NNZ,M,elektr}}$$

où :

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| $Q_{prod}/Q_{need,day}$ | - | ratio de la production mensuelle d'une installation photovoltaïque et du besoin mensuel en électricité pendant et en dehors des heures d'exploitation |
|-------------------------|---|---|

| $Q_{\text{prod}}/Q_{\text{need,day}}$ | $f_{\text{PV,korr}}$ | $Q_{\text{prod}}/Q_{\text{need,day}}$ | $f_{\text{PV,korr}}$ | $Q_{\text{prod}}/Q_{\text{need,day}}$ | $f_{\text{PV,korr}}$ | $Q_{\text{prod}}/Q_{\text{need,day}}$ | $f_{\text{PV,korr}}$ |
|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| ≤ 0,25                                | 1,000                | 1,10                                  | 0,750                | 1,95                                  | 0,867                | 2,80                                  | 0,947                |
| 0,30                                  | 0,997                | 1,15                                  | 0,756                | 2,00                                  | 0,874                | 2,85                                  | 0,951                |
| 0,35                                  | 0,986                | 1,20                                  | 0,765                | 2,05                                  | 0,879                | 2,90                                  | 0,954                |
| 0,40                                  | 0,974                | 1,25                                  | 0,772                | 2,10                                  | 0,883                | 2,95                                  | 0,958                |
| 0,45                                  | 0,954                | 1,30                                  | 0,778                | 2,15                                  | 0,889                | 3,00                                  | 0,962                |
| 0,50                                  | 0,933                | 1,35                                  | 0,785                | 2,20                                  | 0,894                | 3,05                                  | 0,966                |
| 0,55                                  | 0,905                | 1,40                                  | 0,792                | 2,25                                  | 0,900                | 3,10                                  | 0,969                |
| 0,60                                  | 0,876                | 1,45                                  | 0,800                | 2,30                                  | 0,905                | 3,15                                  | 0,972                |
| 0,65                                  | 0,850                | 1,50                                  | 0,807                | 2,35                                  | 0,910                | 3,20                                  | 0,975                |
| 0,70                                  | 0,824                | 1,55                                  | 0,816                | 2,40                                  | 0,915                | 3,25                                  | 0,979                |
| 0,75                                  | 0,803                | 1,60                                  | 0,824                | 2,45                                  | 0,920                | 3,30                                  | 0,982                |
| 0,80                                  | 0,782                | 1,65                                  | 0,830                | 2,50                                  | 0,924                | 3,35                                  | 0,985                |
| 0,85                                  | 0,767                | 1,70                                  | 0,835                | 2,55                                  | 0,928                | 3,40                                  | 0,988                |
| 0,90                                  | 0,752                | 1,75                                  | 0,841                | 2,60                                  | 0,932                | 3,45                                  | 0,991                |
| 0,95                                  | 0,743                | 1,80                                  | 0,847                | 2,65                                  | 0,936                | 3,50                                  | 0,994                |
| 1,00                                  | 0,741                | 1,85                                  | 0,854                | 2,70                                  | 0,940                | 3,55                                  | 0,997                |
| 1,05                                  | 0,743                | 1,90                                  | 0,860                | 2,75                                  | 0,944                | ≥ 3,65                                | 1,000                |

Tableau 21 - Facteur de correction  $f_{\text{PV,korr,M}}$  pour tenir compte des fluctuations climatiques pendant et en dehors les heures d'exploitation

### 6.18.5 Autoconsommation d'électricité provenant d'une éolienne

#### 6.18.5.1 Répartition de la production d'une éolienne en production pendant et en dehors des heures d'exploitation

La production d'électricité mensuelle d'une éolienne conformément à la DIN V 18599-10 au chapitre 6 doit être répartie dans une production pendant et en dehors des heures d'exploitation comme suit :

$$Q_{f,WEA,NZ,M} = \frac{t_{\text{Nutz,a}}}{8.760 \text{ h/a}} \cdot Q_{f,prod,WEA,M}$$

$$Q_{f,WEA,NNZ,M} = Q_{f,prod,WEA,M} - Q_{f,WEA,NZ,M}$$

où:

|                    |       |  |
|--------------------|-------|--|
| $Q_{f,WEA,NZ,M}$   | kWh/M | production d'électricité mensuelle d'une éolienne pendant les heures d'exploitation              |
| $Q_{f,WEA,NNZ,M}$  | kWh/M | production d'électricité mensuelle d'une éolienne en dehors des heures d'exploitation            |
| $Q_{f,prod,WEA,M}$ | kWh/M | production d'électricité mensuelle d'une éolienne conformément à la DIN V 18599-10 au chapitre 6 |

#### 6.18.5.2 Détermination de l'autoconsommation de l'électricité produite par une éolienne

L'autoconsommation de l'électricité produite par une éolienne se détermine séparément pendant et en dehors des heures d'exploitation. Pour prendre en compte l'autoconsommation d'électricité produite par une installation photovoltaïque, celle-ci est déduite du besoin électrique pour les calculs de l'autoconsommation de l'électricité produite par une éolienne.

L'autoconsommation de l'électricité mensuelle produite par une éolienne se détermine par la somme de l'énergie autoconsommée pendant et en dehors des heures d'exploitation.

$$Q_{WEA,use,M} = Q_{WEA,use,NZ,M} + Q_{WEA,use,NNZ,M}$$

avec:

$$Q_{WEA,use,NZ,M} = \min \left( \frac{f_{WEA,korr,1} \cdot (Q_{f,NZ,M,elektr} - Q_{PV,use,NZ,M})}{f_{WEA,korr,2,NZ,M} \cdot Q_{f,WEA,NZ,M}} \right)$$

$$Q_{WEA,use,NNZ,M} = \min \left( \frac{f_{WEA,korr,1} \cdot (Q_{f,NNZ,M,elektr} - Q_{PV,use,NNZ,M})}{f_{WEA,korr,2,NNZ,M} \cdot Q_{f,WEA,NNZ,M}} \right)$$

où:

|                        |       |  |
|------------------------|-------|--|
| $Q_{WEA,use,NZ,M}$     | kWh/M | autoconsommation de l'électricité mensuelle produite par une éolienne pendant les heures d'exploitation  |
| $Q_{WEA,use,NNZ,M}$    | kWh/M | autoconsommation de l'électricité mensuelle produite par une éolienne en dehors des heures d'exploitation  |
| $f_{WEA,korr,1}$       | -     | facteur de correction pour tenir compte des périodes de production   |
| $f_{WEA,korr,2,NZ,M}$  | -     | facteur de correction mensuel pour tenir compte des fluctuations climatiques pendant les heures d'exploitation, en fonction du ratio $Q_{WEA,NZ,M}/Q_{f,NZ,M}$     |
| $f_{WEA,korr,2,NNZ,M}$ | -     | facteur de correction mensuel pour tenir compte des fluctuations climatiques en dehors des heures d'exploitation, en fonction du ratio $Q_{WEA,NNZ,M}/Q_{f,NNZ,M}$ |

Le facteur de correction  $f_{WEA,korr,1}$  prend en compte la durée de fonctionnement des éoliennes, car les besoins en énergie d'un bâtiment ne peuvent être satisfaits que pendant la durée de fonctionnement des éoliennes.

$$f_{WEA,korr,1} = \frac{t_{WEA,Betrieb,a}}{8.760 \text{ h/a}}$$

où :

|                     |     |  |
|---------------------|-----|--|
| $t_{WEA,Betrieb,a}$ | h/a | durée annuelle de fonctionnement des éoliennes, conformément à la DIN 18599-9 chapitre 6.5 |
|---------------------|-----|--|

Pour tenir compte des fluctuations climatiques pendant et en dehors des heures d'exploitation il est nécessaire d'utiliser les facteurs mensuels  $f_{WEA,korr,2,NZ,M}$  et  $f_{WEA,korr,2,NNZ,M}$ . Ils sont calculés en fonction du facteur  $f_{WEA,korr,1}$  et en fonction du facteur de référence des fluctuations climatiques  $f_{WEA,korr,2,ref}$  conformément au tableau 22 et interpolés si nécessaire. Les facteurs sont dépendants du ratio ( $Q_{prod,WEA}/Q_{need,day}$ ) de la production mensuelle et du besoin mensuel en électricité et de la hauteur du moyeu  $h_2$ .

$$f_{WEA,korr,2,NZ/NNZ,M} = \min \left( 1 - (1 - f_{WEA,korr,2,ref}) \cdot \frac{(1 - f_{WEA,korr,1})}{(1 - 0,37)} \right)$$

où:

|                      |   |  |
|----------------------|---|--|
| $f_{WEA,korr,2,ref}$ | - | valeur de référence pour les facteurs mensuels pour tenir compte des fluctuations climatiques conformément au tableau 22 |
|----------------------|---|--|

Les valeurs de référence pour les facteurs mensuels peuvent être extraits du tableau 22 en fonction du rapport  $Q_{prod,WEA}/Q_{need}$  et pour différentes hauteurs de moyeu  $h_2$  de l'éolienne et, si nécessaire, interpolées.

$$Q_{prod,WEA}/Q_{need} = \frac{Q_{f,WEA,NZ/NNZ,M}}{Q_{f,NZ/NNZ,M,elektr}}$$

où:

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| $Q_{prod,WEA}/Q_{need}$ | - | ratio de la production mensuelle et du besoin mensuel en électricité pendant et en dehors des heures d'exploitation |
|-------------------------|---|---|

| $Q_{\text{prod,WEA}}/Q_{\text{need}}$ | $f_{\text{WEA,korr,2,ref}}$ | $h_2=10 \text{ m}$ | $h_2=15 \text{ m}$ | $h_2=20 \text{ m}$ | $h_2=25 \text{ m}$ | $h_2=30 \text{ m}$ | $h_2=35 \text{ m}$ | $h_2=40 \text{ m}$ | $h_2=45 \text{ m}$ | $h_2=50 \text{ m}$ |
|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| $\leq 0,10$                           | 1,000                       | 1,000              | 1,000              | 1,000              | 1,000              | 1,000              | 1,000              | 1,000              | 1,000              | 1,000              |
| 0,15                                  | 0,960                       | 0,958              | 0,960              | 0,962              | 0,963              | 0,964              | 0,965              | 0,965              | 0,966              | 0,966              |
| 0,20                                  | 0,880                       | 0,874              | 0,881              | 0,885              | 0,888              | 0,891              | 0,894              | 0,896              | 0,897              | 0,899              |
| 0,25                                  | 0,810                       | 0,801              | 0,811              | 0,818              | 0,823              | 0,828              | 0,831              | 0,835              | 0,838              | 0,840              |
| 0,30                                  | 0,750                       | 0,738              | 0,751              | 0,760              | 0,767              | 0,773              | 0,778              | 0,782              | 0,786              | 0,790              |
| 0,35                                  | 0,700                       | 0,686              | 0,701              | 0,712              | 0,721              | 0,728              | 0,734              | 0,739              | 0,743              | 0,747              |
| 0,40                                  | 0,655                       | 0,639              | 0,657              | 0,669              | 0,679              | 0,687              | 0,694              | 0,700              | 0,705              | 0,710              |
| 0,45                                  | 0,610                       | 0,592              | 0,612              | 0,626              | 0,637              | 0,646              | 0,654              | 0,661              | 0,666              | 0,672              |
| 0,50                                  | 0,575                       | 0,555              | 0,577              | 0,593              | 0,605              | 0,615              | 0,623              | 0,630              | 0,637              | 0,642              |
| 0,55                                  | 0,545                       | 0,524              | 0,547              | 0,564              | 0,577              | 0,587              | 0,596              | 0,604              | 0,611              | 0,617              |
| 0,60                                  | 0,520                       | 0,497              | 0,522              | 0,540              | 0,554              | 0,565              | 0,574              | 0,582              | 0,590              | 0,596              |
| 0,65                                  | 0,490                       | 0,466              | 0,492              | 0,511              | 0,526              | 0,537              | 0,548              | 0,556              | 0,564              | 0,571              |
| 0,70                                  | 0,460                       | 0,435              | 0,463              | 0,482              | 0,498              | 0,510              | 0,521              | 0,530              | 0,538              | 0,545              |
| 0,75                                  | 0,440                       | 0,414              | 0,443              | 0,463              | 0,479              | 0,492              | 0,503              | 0,513              | 0,521              | 0,529              |
| 0,80                                  | 0,425                       | 0,398              | 0,428              | 0,449              | 0,465              | 0,479              | 0,490              | 0,500              | 0,508              | 0,516              |
| 0,85                                  | 0,410                       | 0,382              | 0,413              | 0,434              | 0,451              | 0,465              | 0,477              | 0,487              | 0,495              | 0,503              |
| 0,90                                  | 0,395                       | 0,367              | 0,398              | 0,420              | 0,437              | 0,451              | 0,463              | 0,474              | 0,483              | 0,491              |
| 0,95                                  | 0,380                       | 0,351              | 0,383              | 0,406              | 0,423              | 0,438              | 0,450              | 0,460              | 0,470              | 0,478              |
| $\geq 1,00$                           | 0,370                       | 0,340              | 0,373              | 0,396              | 0,414              | 0,429              | 0,441              | 0,452              | 0,461              | 0,470              |

Tableau 22 - Facteur de correction  $f_{\text{WEA,korr,2,ref}}$  et  $f_{\text{WEA,korr,2,NZ/NNZ}}$  pour différentes hauteur de moyeu  $h_2$  d'éolienne

### 6.18.5.3 Allocation pour plusieurs éoliennes

En principe, la détermination des facteurs doit être faite individuellement pour chaque éolienne, si possible. Si cela n'est pas possible, un facteur pondéré  $f_{\text{weighted}}$  doit être déterminé. Le facteur  $f_{\text{WEA},i}$  doit être pondéré en fonction de la production d'électricité mensuelle  $Q_{\text{prod},i}$  respective pour toutes les éoliennes affectées:

$$f_{\text{weighted}} = \sum_i \frac{(f_{\text{WEA},i} \cdot Q_{\text{prod},i})}{(\sum_i Q_{\text{prod},i})}$$

|                       |       |   |
|-----------------------|-------|---|
| $f_{\text{weighted}}$ | -     | facteur de correction pour plusieurs éoliennes  |
| $Q_{\text{prod},i}$   | kWh/M | production d'électricité mensuelle respective pour toutes les éoliennes affectées $i$                                 |
| $f_{\text{WEA},i}$    | -     | facteur de correction $f_{\text{WEA,korr,2,NZ,M}}$ respectivement $f_{\text{WEA,korr,2,NZ,M}}$ des éolienne affectées |

### 6.18.6 Autoconsommation d'électricité provenant d'une cogénération

#### 6.18.6.1 Détermination de la production mensuelle d'électricité par une cogénération

La production nette mensuelle d'énergie électrique  $Q_{f,\text{prod,CHP,M}}$  d'une cogénération est déterminée en multipliant la puissance électrique par le nombre d'heures de pleine charge mensuelle de la cogénération.

$$Q_{f,\text{prod,CHP,M}} = P_{\text{el,CHP}} \cdot t_{\text{Vollast,CHP,M}}$$

où:

|                            |       |  |
|----------------------------|-------|--|
| $Q_{f,\text{prod,CHP,M}}$  | kWh/M | production nette mensuelle d'énergie électrique d'une cogénération                           |
| $P_{\text{el,CHP}}$        | kW    | la puissance électrique d'une cogénération conformément à la<br>DIN V 18599-9 chapitre 5.2.2 |
| $t_{\text{Vollast,CHP,M}}$ | h/M   | heures de pleine charge mensuelles d'une cogénération  |

La puissance électrique d'une cogénération  $P_{\text{el,CHP}}$  est déterminée sur la base des rendements thermique et électrique d'une cogénération.

Les heures de pleine charge mensuelles d'une cogénération sont déterminées par la relation suivante basée sur les parts de couverture mensuelles d'une cogénération pour les différents consommateurs d'énergie thermique.



$$t_{Volllast,CHP,M} = \frac{Q_{ww,CHP,M} + Q_{h,CHP,M} + Q_{c,CHP,M}}{P_{th,CHP}}$$

où:

|                |       |  |
|----------------|-------|--|
| $Q_{ww,CHP,M}$ | kWh/M | production d'énergie utile mensuelle d'une cogénération pour la production d'eau chaude sanitaire  |
| $Q_{h,CHP,M}$  | kWh/M | production d'énergie utile mensuelle d'une cogénération pour le chauffage                          |
| $Q_{c,CHP,M}$  | kWh/M | production d'énergie utile mensuelle d'une cogénération pour la production de froid (si thermique) |

Il est supposé que la cogénération fournira principalement de l'eau chaude sanitaire pour le chauffage des zones; et ensuite de la chaleur pour le refroidissement (si froid produit thermiquement par machine frigorifique à absorption). L'approvisionnement mensuel en énergie d'une cogénération aux différents consommateurs d'énergie thermique est déterminé comme suit :

$$Q_{ww,CHP,M} = \min \left( \begin{array}{c} Q_{th,CHP,max,M} \\ Q_{ww,M} - Q_{ww,solar,M} \\ P_{th,CHP} \cdot d_M \cdot \min \left( \frac{t_{Nutz,d} + 2h}{24} \right) \cdot \frac{d_{Nutz,a}}{365 d/a} \end{array} \right)$$

$$Q_{h,CHP,M} = f_{Betrieb} \cdot \min \left( \begin{array}{c} Q_{th,CHP,max,M} - Q_{ww,CHP,M} \\ Q_{h,M} - Q_{h,solar,M} \end{array} \right)$$

$$Q_{c,CHP,M} = f_{Betrieb} \cdot \min \left( \begin{array}{c} Q_{th,CHP,max,M} - Q_{ww,CHP,M} - Q_{h,CHP,M} \\ Q_{c,M} - Q_{c,solar,M} \end{array} \right)$$

où:

|                    |       |   |
|--------------------|-------|---|
| $f_{Betrieb}$      | -     | facteur de fonctionnement d'une cogénération  |
| $Q_{ww,solar,M}$   | kWh/M | approvisionnement mensuel en énergie du système solaire pour le besoin en eau chaude sanitaire                      |
| $Q_{h,solar,M}$    | kWh/M | approvisionnement mensuel en énergie du système solaire pour le besoin en énergie de chauffage                      |
| $Q_{c,solar,M}$    | kWh/M | approvisionnement mensuel en énergie du système solaire pour le besoin en énergie de refroidissement (si thermique) |
| $Q_{th,CHP,max,M}$ | kWh/M | approvisionnement mensuel maximum en énergie thermique utile d'une cogénération                                     |
| $Q_{ww,M}$         | kWh/M | besoin énergétique utile mensuel avec pertes pour le besoin en eau chaude sanitaire                                 |
| $Q_{h,M}$          | kWh/M | besoin énergétique utile mensuel avec pertes pour le besoin en énergie de chauffage                                 |
| $Q_{c,M}$          | kWh/M | besoin énergétique utile mensuel avec pertes pour le besoin en énergie de refroidissement (si thermique)            |

La production d'énergie thermique d'une cogénération est à considérer dans les calculs aux chapitres 6.10, 6.11, 6.13 et 6.14 conformément à la DIN V 18599-9.

La production d'énergie thermique utile mensuelle maximale  $Q_{th,CHP,max,M}$  de l'installation de cogénération est déterminée en multipliant la puissance thermique de l'installation de cogénération par le nombre d'heures par mois.

$$Q_{th,CHP,max,M} = P_{th,CHP} \cdot t_M$$

où:

|       |     |                 |
|-------|-----|-----------------|
| $t_M$ | h/M | heures par mois |
|-------|-----|-----------------|

La puissance thermique de l'installation de cogénération  $P_{th,CHP}$  est déterminée comme suit :

$$P_{th,CHP} = n_{CHP} \cdot \dot{Q}_h$$

où:

|           |   |  |
|-----------|---|--|
| $n_{CHP}$ | % | part de couverture de l'installation de cogénération à la puissance thermique totale requise (chauffage + ECS, y compris les pertes de distribution) |
|-----------|---|--|

|              |    |  |
|--------------|----|--|
| $P_{th,CHP}$ | kW | la puissance thermique d'une cogénération  |
| $\dot{Q}_h$  | kW | puissance thermique totale requise (chauffage + ECS, y compris les pertes de distribution) |

Le nombre d'heures du mois  $t_M$  est déterminé par la relation suivante :

$$t_M = d_M \cdot 24 \text{ h/d}$$

où:

|       |     |                |
|-------|-----|----------------|
| $d_M$ | d/M | jours par mois |
|-------|-----|----------------|

Le facteur de fonctionnement  $f_{Betrieb}$  prend en compte les fluctuations temporelles de la demande de chaleur (ou de la demande de refroidissement en absorption froide), qui ne peuvent pas être compensées par un accumulateur de chaleur. Il dépend du taux de couverture  $n_{CHP}$  de l'installation de cogénération à la puissance thermique totale requise (chauffage + ECS, y compris les pertes de distribution) et est déterminé par la relation suivante :

$$f_{Betrieb} = \text{Max} \left[ \text{Min} \left( \frac{0,6}{0,1424 \cdot \ln(n_{CHP}) + 0,3645} \right) \right]$$

La part de couverture annuelle d'une cogénération de la demande totale de chaleur du bâtiment k peut être déterminée comme suit.

$$k = \frac{\sum_M Q_{h,CHP,M} + \sum_M Q_{ww,CHP,M} + \sum_M Q_{c,CHP,M}}{\sum_M Q_{h,M} + \sum_M Q_{ww,M} + \sum_M Q_{c,M}}$$

où:

|   |   |  |
|---|---|--|
| k | % | part de couverture annuelle d'une cogénération de la demande totale de chaleur du bâtiment |
|---|---|--|

#### 6.18.6.2 Répartition de la production d'une cogénération en production pendant et en dehors des heures d'exploitation

Les heures de pleine charge mensuelles d'une cogénération doivent être réparties sur une production pendant et en dehors des heures d'exploitation comme suit :

$$t_{Volllast,CHP,NZ,M} = \text{Min} \left( \frac{Q_{ww,CHP,M} + Q_{c,CHP,M} + \frac{t_{Nutz,a}}{8760} \cdot Q_{h,CHP,M}}{Q_{ww,CHP,M} + Q_{h,CHP,M} + Q_{c,CHP,M}} \cdot t_{Volllast,CHP,M} \right)$$

$$t_{Volllast,CHP,NNZ,M} = t_{Volllast,CHP,M} - t_{Volllast,CHP,NZ,M}$$

où:

|                          |     |   |
|--------------------------|-----|---|
| $t_{Volllast,CHP,NZ,M}$  | h/M | heures de pleine charge mensuelles d'une cogénération pendant les heures d'exploitation   |
| $t_{Volllast,CHP,NNZ,M}$ | h/M | heures de pleine charge mensuelles d'une cogénération en dehors des heures d'exploitation |
| $t_{Volllast,CHP,M}$     | h/M | heures de pleine charge mensuelles d'une cogénération                                     |

La production d'électricité d'une cogénération pendant les heures d'exploitation  $Q_{CHP,NZ,M}$  et en dehors des heures d'exploitation  $Q_{CHP,NNZ,M}$  peut être calculée comme suit :

$$Q_{CHP,NZ,M} = t_{Volllast,CHP,NZ,M} \cdot P_{el,CHP}$$

$$Q_{CHP,NNZ,M} = t_{Volllast,CHP,NNZ,M} \cdot P_{el,CHP}$$

où:

|                 |       |   |
|-----------------|-------|---|
| $Q_{CHP,NZ,M}$  | kWh/M | production mensuelle nette d'électricité d'une cogénération pendant les heures d'exploitation   |
| $Q_{CHP,NNZ,M}$ | kWh/M | production mensuelle nette d'électricité d'une cogénération en dehors des heures d'exploitation |

### 6.18.6.3 Détermination de l'autoconsommation de l'électricité produite par une cogénération

L'autoconsommation de l'électricité produite par une cogénération se détermine séparément pendant et en dehors des heures d'exploitation. Pour prendre en compte l'autoconsommation d'électricité produite par une installation photovoltaïque et par une éolienne, celles-ci sont déduites du besoin électrique pour les calculs de l'autoconsommation de l'électricité produite par une cogénération.

L'autoconsommation de l'électricité mensuelle produite par une cogénération se détermine par la somme de l'énergie autoconsommée pendant et en dehors des heures d'exploitation.

$$Q_{CHP,use,M} = Q_{CHP,use,NZ,M} + Q_{CHP,use,NNZ,M}$$

avec:

$$Q_{CHP,use,NZ,M} = \min \left( f_{CHP,korr,NZ,M} \cdot (Q_{f,NZ,M} - Q_{PV,use,NZ,M} - Q_{WEA,use,NZ,M}) \right) / Q_{CHP,NZ,M}$$

$$Q_{CHP,use,NNZ,M} = \min \left( f_{CHP,korr,NNZ,M} \cdot (Q_{need,NNZ,M} - Q_{PV,use,NNZ,M} - Q_{WEA,use,NNZ,M}) \right) / Q_{CHP,NNZ,M}$$

où:

|                      |       |  |
|----------------------|-------|--|
| $Q_{CHP,use,NZ,M}$   | kWh/M | autoconsommation de l'électricité mensuelle produite par une cogénération pendant les heures d'exploitation                        |
| $Q_{CHP,use,NNZ,M}$  | kWh/M | autoconsommation de l'électricité mensuelle produite par une cogénération en dehors des heures d'exploitation                      |
| $f_{CHP,korr,NZ,M}$  | -     | facteur de correction mensuel pour tenir compte des temps de fonctionnement d'une cogénération pendant les heures d'exploitation   |
| $f_{CHP,korr,NNZ,M}$ | -     | facteur de correction mensuel pour tenir compte des temps de fonctionnement d'une cogénération en dehors des heures d'exploitation |

Les facteurs de correction  $f_{CHP,korr,NZ,M}$  et  $f_{CHP,korr,NNZ,M}$  prennent en compte la durée de fonctionnement d'une cogénération, car les besoins en énergie d'un bâtiment ne peuvent être satisfaits que pendant la durée de fonctionnement d'une cogénération. Les deux facteurs déterminent la part des heures de fonctionnement pendant et en dehors des heures d'exploitation.

$$f_{CHP,korr,NZ,M} = \frac{t_{vollast,CHP,NZ,M}}{\frac{t_{Nutz,a}}{8760} \cdot 24 \cdot d_M}$$

$$f_{CHP,korr,NNZ,M} = \frac{t_{vollast,CHP,NNZ,M}}{\frac{8760 - t_{Nutz,a}}{8760} \cdot 24 \cdot d_M}$$

### 6.18.7 Système de batterie d'accumulateurs

Par l'utilisation d'un système de batterie d'accumulateurs, l'autoconsommation de l'électricité générée par une installation photovoltaïque, une éolienne et/ou une cogénération peut être augmentée.

#### 6.18.7.1 Autoconsommation supplémentaire utilisable grâce à la mise en œuvre d'une batterie d'accumulateurs

Le surplus de production d'électricité qui ne peut pas être autoconsommée est comparé à la demande résiduelle du bâtiment après déduction de l'énergie directement autoconsommée. L'énergie mensuelle autoconsommée supplémentairement par l'utilisation d'un système de batterie d'accumulateurs  $Q_{Bat,M}$  est déterminée comme suit :

$$Q_{Bat,M} = f_{korr,Bat,WEA,M} \cdot \min \left[ \frac{Q_{f,prod,ges,M} - Q_{use,ges,M}}{Q_{f,M} - Q_{use,ges,M}} \cdot \eta_{Bat} \right]$$

où:

|                      |       |  |
|----------------------|-------|--|
| $Q_{Bat,M}$          | kWh/M | énergie mensuelle autoconsommée supplémentaire grâce à l'utilisation d'un système de batterie d'accumulateurs  |
| $Q_{f,prod,ges,M}$   | kWh/M | production mensuelle d'énergie électrique  |
| $Q_{Bat}$            | kWh   | capacité effective du stockage d'électricité de la batterie  |
| $\eta_{Bat}$         | %     | efficacité du stockage de la batterie  |
| $f_{korr,Bat,WEA,M}$ | -     | facteur de correction mensuel pour tenir compte des fluctuations climatiques pour la production d'une éolienne |

Le facteur de correction mensuel  $f_{korr,Bat,WEA,M}$  prend en compte les fortes fluctuations temporelles pour la production d'une éolienne avec des périodes avec beaucoup de vent ou peu de vent et il est déterminé comme suit :

$$f_{korr,Bat,WEA,M} = 1 - 0,45 \cdot \frac{Q_{f,prod,WEA,M}}{Q_{f,prod,ges,M}}$$

#### 6.18.7.2 Détermination de l'autoconsommation indirecte de l'électricité par un système de batterie d'accumulateurs

L'autoconsommation indirecte de l'électricité par l'utilisation d'un système de batterie d'accumulateurs  $Q_{Bat,M}$  est attribuée proportionnellement aux différents générateurs (installation photovoltaïque, éolienne et cogénération) comme suit :

$$Q_{PV,Bat,M} = \frac{Q_{f,prod,PV,M} - Q_{PV,use,M}}{Q_{f,prod,ges,M} - Q_{use,ges,M}} \cdot Q_{Bat,M}$$

$$Q_{WEA,Bat,M} = \frac{Q_{f,prod,WEA,M} - Q_{WEA,use,M}}{Q_{f,prod,ges,M} - Q_{use,ges,M}} \cdot Q_{Bat,M}$$

$$Q_{CHP,Bat,M} = \frac{Q_{f,prod,CPH,M} - Q_{CHP,use,M}}{Q_{f,prod,ges,M} - Q_{use,ges,M}} \cdot Q_{Bat,M}$$

où:

|                 |       |   |
|-----------------|-------|---|
| $Q_{PV,Bat,M}$  | kWh/M | autoconsommation électrique mensuelle supplémentaire d'une installation photovoltaïque grâce à l'utilisation d'un système de batterie |
| $Q_{WEA,Bat,M}$ | kWh/M | autoconsommation électrique mensuelle supplémentaire d'une éolienne grâce à l'utilisation d'un système de batterie                    |
| $Q_{CHP,Bat,M}$ | kWh/M | autoconsommation électrique mensuelle supplémentaire d'une cogénération grâce à l'utilisation d'un système de batterie                |

L'autoconsommation mensuelle d'électricité d'une installation photovoltaïque, d'une éolienne et/ou d'une cogénération peut être déterminée comme suit, en tenant compte de l'utilisation d'un système de batterie d'accumulateurs.

$$Q_{PV,self,M} = Q_{PV,use,M} + Q_{PV,Bat,M}$$

$$Q_{WEA,self,M} = Q_{WEA,use,M} + Q_{WEA,Bat,M}$$

$$Q_{CHP,self,M} = Q_{CHP,use,M} + Q_{CHP,Bat,M}$$

où:

|                  |       |  |
|------------------|-------|--|
| $Q_{PV,self,M}$  | kWh/M | autoconsommation électrique mensuelle d'une installation photovoltaïque avec système de batterie |
| $Q_{WEA,self,M}$ | kWh/M | autoconsommation électrique mensuelle d'une éolienne avec un système de batterie                 |
| $Q_{CHP,self,M}$ | kWh/M | autoconsommation électrique mensuelle d'une cogénération avec un système de batterie             |

#### 6.18.7.3 Pertes d'un système de batterie d'accumulateurs

Les pertes d'un système de batterie d'accumulateurs  $Q_{loss,Bat,M}$  se détermine comme suit :

$$Q_{loss,Bat,a} = \frac{\sum_M Q_{Bat,M}}{\eta_{Bat}} - \sum_M Q_{Bat,M}$$

où:

$Q_{loss,Bat,a}$  kWh/a pertes d'un système de batterie d'accumulateurs

#### 6.18.7.4 Autoconsommation totale d'énergie électrique

Agrégée sur tous les mois, l'énergie autoconsommée d'une installation photovoltaïque, d'une éolienne et/ou d'une cogénération peut être déterminée en tenant compte d'un système de batterie d'accumulateurs comme suit :

$$Q_{self,ges,a} = \sum_M Q_{use,ges,M} + \sum_M Q_{Bat,M}$$

où:

$Q_{self,ges,a}$  kWh/a l'énergie autoconsommée en tenant compte d'un système de batterie d'accumulateurs

#### 6.18.8 Injection d'électricité au réseau public

L'énergie électrique auto-générée injectée au réseau électrique public  $Q_{feed-in}$  est déterminée comme suit :

$$Q_{feed-in,a} = \sum_M (Q_{f,prod,ges,M} - Q_{use,ges,M} - Q_{Bat,M} - Q_{loss,Bat,M})$$

où:

$Q_{feed-in,a}$  kWh/a énergie électrique auto-générée injectée au réseau électrique public

#### 6.18.9 Approvisionnement d'électricité du réseau public

L'approvisionnement en énergie électrique à partir du réseau public  $Q_{grid}$  est déterminée comme suit :

$$Q_{grid,a} = \sum_M (Q_{f,M,elektr} - Q_{use,ges,M} - Q_{Bat,M})$$

où:

$Q_{grid,a}$  kWh/a approvisionnement d'énergie électrique du réseau public

#### 6.18.10 Considération de l'autoconsommation d'électricité pour l'évaluation du bâtiment

La détermination de l'électricité autoconsommée s'effectue dans les bilans énergétiques finals respectifs. Pour évaluer l'influence de l'électricité autoconsommée par rapport à l'efficacité énergétique globale d'un bâtiment, l'allocation en est faite au niveau de l'énergie primaire. Pour cela, les quantités d'énergie finales calculées sont évaluées avec les facteurs d'énergie primaire correspondants. Il en résulte un crédit d'énergie primaire  $q_{res,p}$ , qui peut être déduit des besoins en énergie primaire du bâtiment.

##### 6.18.10.1 Crédit pour installation photovoltaïque et éolienne

L'électricité autoconsommée d'une installation photovoltaïque et d'une éolienne est créditée au bâtiment dans le bilan énergétique sous la forme d'un crédit d'électricité. Pour le bilan d'énergie primaire, la part d'électricité respective éligible est multipliée par le facteur d'énergie primaire pour l'électricité  $f_{p,Strom}$ . Le crédit d'énergie primaire résultant est calculé comme suit :

$$Q_{p,Gutschrift,PV,M} = -f_{p,Strom} \cdot Q_{PV,self,M}$$

$$Q_{p,Gutschrift,WEA,M} = -f_{p,Strom} \cdot Q_{WEA,self,M}$$

où:

$Q_{p,Gutschrift,PV,M}$  kWh/M crédit mensuel d'énergie primaire pour l'autoconsommation d'énergie électrique d'une installation photovoltaïque  
 $Q_{p,Gutschrift,WEA,M}$  kWh/M crédit mensuel d'énergie primaire pour l'autoconsommation d'énergie électrique d'une éolienne

$f_{p,Strom}$  kWh<sub>p</sub>/kWh<sub>e</sub> facteur d'énergie primaire pour électricité conformément au chapitre 8.1

#### 6.18.10.2 Crédit pour cogénération

Dans le contexte du bilan énergétique d'une cogénération, seule la demande de combustible devant être utilisé pour la production de chaleur utile et la production de l'électricité produite à partir de la cogénération et qui est autoconsommée doivent être pris en compte. La demande en combustible utilisé pour générer l'électricité injectée (dans le réseau public) n'est pas à inclure dans le bilan énergétique du bâtiment.

La consommation totale en combustible (énergie finale) d'une cogénération est divisée en une part pour la production de chaleur  $Q_{f,CHP,Wärme,M}$  et une part pour la production d'énergie électrique  $Q_{f,CHP,Strom,M}$ . La part de la demande en carburant pour la production d'électricité est divisée en fonction du ratio de l'autoconsommation. Cela se fait via le facteur de puissance  $f_{el,self}$ , qui représente la proportion de l'électricité autoconsommée par rapport à l'électricité totale générée par la cogénération. L'électricité autoconsommée  $Q_{CHP,self,M}$ , est créditée au bâtiment sous forme de crédit. L'impact total sur l'énergie primaire  $Q_{p,CHP,self,M}$  d'une cogénération dans le bilan énergétique du bâtiment peut donc être évalué comme suit :

$$Q_{p,CHP,ges,M} = f_{p,CHP} \cdot (Q_{f,CHP,Wärme,M} + Q_{f,CHP,self,M}) - f_{p,Strom} \cdot Q_{CHP,self,M}$$

avec:

$$Q_{f,CHP,Wärme,M} = \frac{\eta_{CHP,th}}{\eta_{CHP,ges}} \cdot Q_{f,CHP,ges,M}$$

$$Q_{f,CHP,Strom,M} = \frac{\eta_{CHP,el}}{\eta_{CHP,ges}} \cdot Q_{f,CHP,ges,M}$$

$$Q_{f,CHP,self,M} = f_{el,self} \cdot Q_{f,CHP,Strom,M}$$

$$\eta_{CHP,ges} = \eta_{CHP,th} + \eta_{CHP,el}$$

$$f_{el,self} = \frac{Q_{CHP,self,M}}{Q_{f,prod,CPH,M}}$$

où:

|                     |                                    |   |
|---------------------|------------------------------------|---|
| $Q_{p,CHP,ges,M}$   | kWh/M                              | besoin en énergie primaire mensuel prise en compte pour une cogénération                    |
| $f_{p,CHP}$         | kWh <sub>p</sub> /kWh <sub>e</sub> | facteur d'énergie primaire du combustible pour la cogénération conformément au chapitre 8.1 |
| $\eta_{CHP,ges}$    | %                                  | rendement total de la cogénération  |
| $\eta_{CHP,th}$     | %                                  | rendement thermique de la cogénération  |
| $\eta_{CHP,el}$     | %                                  | rendement électrique de la cogénération   |
| $f_{el,self}$       | %                                  | facteur du ratio d'autoconsommation de la production électrique de la cogénération          |
| $Q_{f,CHP,Wärme,M}$ | kWh/M                              | besoin en énergie finale mensuel pour la production d'énergie thermique utile               |
| $Q_{f,CHP,self,M}$  | kWh/M                              | besoin en énergie finale mensuel pour la production d'énergie électrique autoconsommée      |
| $Q_{f,CHP,Strom,M}$ | kWh/M                              | besoin en énergie finale mensuel pour la production d'énergie électrique                    |

L'électricité autoconsommée d'une cogénération est créditée au bâtiment dans le bilan énergétique. Pour le bilan d'énergie primaire, la part d'électricité autoconsommée est multipliée par le facteur d'énergie primaire pour l'électricité  $f_{p,Strom}$  et la consommation pour la production de l'électricité en combustible (énergie finale) d'une cogénération est multipliée par le facteur d'énergie primaire pour ce combustible  $f_{p,CHP}$ . Le crédit d'énergie primaire résultant est calculé comme suit :

$$Q_{p,CHP,ren,M} = f_{p,CHP} \cdot Q_{f,CHP,self,M} - f_{p,Strom} \cdot Q_{CHP,self,M}$$

où:

|                   |       |   |
|-------------------|-------|---|
| $Q_{p,CHP,ren,M}$ | kWh/M | crédit mensuel d'énergie primaire pour l'autoconsommation d'énergie électrique d'une cogénération |
|-------------------|-------|---|

Pour un mode de fonctionnement de la cogénération à contrôle thermique, la demande d'énergie finale (combustible) conformément au chapitre 6.18.6 est composée de la quantité de chaleur fournie par la cogénération pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le refroidissement et est déterminée comme suit :

$$Q_{f,CHP,ges,M} = \frac{Q_{ww,CHP} + Q_{h,CHP} + Q_{c,CHP}}{\eta_{CHP,th}}$$

où:

$Q_{f,CHP,ges,M}$  kWh/M besoin en énergie finale mensuel de la cogénération

#### 6.18.10.3 Allocation pour l'énergie autoconsommée produite par une installation photovoltaïque, une éolienne et/ou une cogénération

$$Q_{ren,p} = \sum_M (Q_{p,Gutschrift,PV,M} + Q_{p,Gutschrift,WEA,M} + Q_{p,CHP,ren,M})$$

$Q_{ren,p}$  kWh/a l'économie en énergie primaire pour l'énergie électrique autoconsommée produite par une installation photovoltaïque, une éolienne et/ou une cogénération par an

### 6.19 Autres

Si des éléments de construction ou d'installations, pour lesquels il n'existe aucune règle technique reconnue, sont utilisés dans un bâtiment fonctionnel, les exécutions de référence visées au chapitre 2.4 à ces composants sont appliquées.

#### 6.19.1 Évaluation du système de protection solaire mobile

Par dérogation à la norme DIN V 18599-2, les tableaux A.4 et A.5 visés à l'annexe A3 « Bewertung von beweglichen Sonnenschutzsystemen für die Systemlösungen » doivent être remplacés par les tableaux 23 et 24 suivants.

|                 | Période | NORD | NE/NO | EST/OUEST | SO/SE | SUD  |
|-----------------|---------|------|-------|-----------|-------|------|
| 90°, verticale  | Hiver   | 0,00 | 0,00  | 0,17      | 0,32  | 0,36 |
|                 | Été     | 0,00 | 0,13  | 0,39      | 0,56  | 0,67 |
| 60°             | Hiver   | 0,00 | 0,01  | 0,18      | 0,32  | 0,35 |
|                 | Été     | 0,03 | 0,33  | 0,54      | 0,68  | 0,76 |
| 45°             | Hiver   | 0,00 | 0,01  | 0,17      | 0,30  | 0,33 |
|                 | Été     | 0,30 | 0,46  | 0,61      | 0,72  | 0,78 |
| 30°             | Hiver   | 0,00 | 0,03  | 0,16      | 0,27  | 0,30 |
|                 | Été     | 0,55 | 0,60  | 0,67      | 0,74  | 0,78 |
| 0°, horizontale | Hiver   | 0,12 |       |           |       |      |
|                 | Été     | 0,74 |       |           |       |      |

Tableau 23 - Paramètre d'évaluation a de l'activation de dispositifs mobiles de protection solaire manuels ou réglés en fonction du temps pour différentes inclinaisons de surface

|                 | Période | NORD | NE/NO | EST/OUEST | SO/SE | SUD  |
|-----------------|---------|------|-------|-----------|-------|------|
| 90°, verticale  | Hiver   | 0,00 | 0,02  | 0,23      | 0,36  | 0,39 |
|                 | Été     | 0,10 | 0,49  | 0,70      | 0,77  | 0,79 |
| 60°             | Hiver   | 0,00 | 0,03  | 0,24      | 0,35  | 0,38 |
|                 | Été     | 0,43 | 0,69  | 0,81      | 0,86  | 0,88 |
| 45°             | Hiver   | 0,01 | 0,04  | 0,24      | 0,34  | 0,36 |
|                 | Été     | 0,64 | 0,77  | 0,84      | 0,88  | 0,90 |
| 30°             | Hiver   | 0,03 | 0,07  | 0,23      | 0,31  | 0,34 |
|                 | Été     | 0,80 | 0,83  | 0,87      | 0,89  | 0,90 |
| 0°, horizontale | Hiver   | 0,21 |       |           |       |      |
|                 | Été     | 0,89 |       |           |       |      |

Tableau 24 - Paramètre d'évaluation  $a$  de l'activation de dispositifs mobiles de protection solaire réglés en fonction du rayonnement pour différentes inclinaisons de surface

Si le pare-soleil est réalisé indépendamment de la protection solaire, par exemple au moyen d'un rideau placé à l'intérieur, la part de durée d'activation de la protection solaire mobile en hiver doit être fixée au paramètre  $a = 0$ .

Pour les zones présentant des orientations intermédiaires (par exemple: sud/sud-ouest, etc.), le paramètre  $a$  doit être interpolé linéairement à partir des points cardinaux les plus proches.

### 6.19.2 Ponts thermiques

Lors de la détermination du besoin en chaleur de chauffage et de refroidissement, les ponts thermiques sont à considérer selon l'une des méthodes suivantes :

1. prise en compte en augmentant les coefficients de transmission thermique du facteur de correction des ponts thermiques  $\Delta U_{WB}=0,10$  [W/(m²K)] pour l'ensemble de la surface de l'enveloppe thermique A du bâtiment;
2. dans le respect des exemples de planification et d'exécution de catégorie A conformément à la norme DIN 4108 - Feuille 2, prise en compte en augmentant les coefficients de transmission thermique du facteur de correction des ponts thermiques  $\Delta U_{WB}=0,05$  [W/(m²K)] pour l'ensemble de la surface de l'enveloppe thermique A du bâtiment;
3. dans le respect des exemples de planification et d'exécution de catégorie B conformément à la norme DIN 4108 Feuille 2, prise en compte en augmentant les coefficients de transmission thermique du facteur de correction des ponts thermiques  $\Delta U_{WB}=0,03$  [W/(m²K)] pour l'ensemble de la surface de l'enveloppe thermique A du bâtiment ;
4. calcul des ponts thermiques conformément à la norme DIN V 18599-2.

Pour le calcul de la performance énergétique et le certificat de performance énergétique qui sont à remettre avec la demande d'autorisation de construire d'un bâtiment fonctionnel neuf ou d'une extension d'un bâtiment fonctionnel, une valeur estimative peut être prise en compte. Le calcul des ponts thermiques est à apporter lors de l'établissement du certificat de performance énergétique visé à l'article 4, paragraphe 12.

Pour les variantes 2 et 3, s'il n'existe pas dans la norme DIN 4108 Feuille 2 de principe constructif équivalent au détail réel, il faut alors prendre en compte ces ponts thermiques en supplément du forfait comme cela est prévu dans la DIN V 18599-2.

Si tous les coefficients linéiques de transmission thermique des ponts thermiques des raccords d'un élément de construction sont pris en considération, la valeur forfaitaire du supplément pour cet élément peut être négligée.



### 6.19.3 Constructions jumelées et mitoyennes

Lors du calcul de bâtiments ou de parties de bâtiment jumelés ou mitoyens, pour lesquels la différence de la température ambiante de consigne ne dépasse pas 4 K, les murs mitoyens sont considérés comme ne transmettant pas la chaleur.

Si la différence de température ambiante de consigne de parties contiguës d'un bâtiment est supérieure à 4 K, il faut réaliser un zonage spécial pour ces parties du bâtiment et le flux thermique à travers l'élément de construction limitrophe doit être pris en considération dans le calcul.

### 6.19.4 Autres conditions générales

Lors du calcul, les conditions générales suivantes sont à appliquer :

| Grandeur caractéristique  | Conditions générales   |
|---|--|
| Interruption du chauffage   | Le fonctionnement à température réduite selon la durée conformément aux conditions générales d'utilisation visées au tableau 5 de la norme DIN V 18599-10 est à appliquer.   |
| Apport thermique solaire par des éléments de construction opaques | Lors de la détermination des apports thermiques solaires pour le bâtiment de référence, il faut appliquer, dans le cadre d'une méthode simplifiée, un coefficient de transmission thermique des éléments de construction opaques $U=0,32 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ .<br>Émissivité de la surface extérieure pour le rayonnement thermique $\varepsilon = 0,8$<br>Facteur d'absorption solaire sur les surfaces opaques $\alpha = 0,5$ ; pour les toits sombres, il est possible de prendre $\alpha = 0,8$ lorsque cela est également indiqué dans le cas de la planification. |

Tableau 25 - Autres conditions générales de calcul conformément à la norme DIN V 18599

### 6.19.5 Refroidissement nocturne

La réduction du besoin spécifique de refroidissement dû à un refroidissement nocturne passif doit être prise en compte dans le bilan lorsque, pour le bâtiment ou une zone du bâtiment, un refroidissement nocturne passif atteint au moins une des conditions suivantes pour une zone :

- 1) refroidissement nocturne avec une surface de fenêtre d'au moins 2 % par  $\text{m}^2$  de la zone ;
- 2) refroidissement nocturne avec une surface de fenêtre d'au moins 4 % par  $\text{m}^2$  de la zone ou un refroidissement nocturne à travers un atrium avec une surface de fenêtre d'au moins 1 % par  $\text{m}^2$  de la zone.

Le calcul de la réduction du besoin de refroidissement spécifique  $q_{c,b,nv}$  par jour qui peut être dissipé via un refroidissement nocturne passif doit être effectué conformément à l'équation ci-dessous :

$$q_{c,b,nv} = - \frac{1}{(a_0 \cdot q_{c,b} + 1)^{a_1}} + 1$$

où :

|              |                              |  |
|--------------|------------------------------|--|
| $q_{c,b,nv}$ | kWh/( $\text{m}^2\text{d}$ ) | est la réduction du besoin de refroidissement spécifique d'une utilisation d'un refroidissement nocturne par jour  |
| $q_{c,b}$    | kWh/( $\text{m}^2\text{d}$ ) | est le besoin de refroidissement spécifique sans utilisation d'un refroidissement nocturne conformément à la DIN V 18599-2 chapitre 5.2.3  |
| $a_0$        | -                            | paramètre de régression conformément au tableau 26 pour le calcul de la réduction du besoin de refroidissement spécifique journalier d'une utilisation d'un refroidissement nocturne |
| $a_1$        | -                            | paramètre de régression conformément au tableau 26 pour le calcul de la réduction du besoin de refroidissement spécifique journalier d'une utilisation d'un refroidissement nocturne |

La réduction du besoin de refroidissement spécifique journalier  $q_{c,b,nv}$  par le refroidissement nocturne passif est ensuite déduite du besoin de refroidissement spécifique journalier  $q_{c,b}$  de la zone du bâtiment et résulte dans le besoin réduit de refroidissement spécifique journalier de la zone  $q_{c,b,mod}$  :

$$q_{c,b,mod} = q_{c,b} - q_{c,b,nv}$$

où :

|               |                              |  |
|---------------|------------------------------|--|
| $q_{c,b,mod}$ | kWh/( $\text{m}^2\text{d}$ ) | est le besoin de refroidissement spécifique avec l'utilisation d'un refroidissement nocturne |
|---------------|------------------------------|--|

Le calcul doit être effectué pour chaque jour de l'année, pour les jours d'exploitation et les jours sans exploitation (jour fériés et week-end) des zones.

Le besoin de refroidissement  $q_{c,b,mod}$  réduit journalier par l'influence du refroidissement nocturne passif doit alors être utilisé pour tous les calculs des autres chapitres au lieu du besoin  $q_{c,b}$ .

Le tableau suivant contient les paramètres de régression  $a_0$  et  $a_1$ .

| Surface des fenêtres pour la ventilation nocturne | 2 % de la surface de la zone |                    |          | 4 % de la surface de la zone ou 1 % de la surface de la zone si atrium |                    |          |
|---|------------------------------|--------------------|----------|--|--------------------|----------|
|   | légère                       | moyennement lourde | lourde   | légère   | moyennement lourde | lourde   |
| Paramètre $a_0$                                   | 7,044291                     | 4,422857           | 3,589956 | 6,543134   | 2,897138           | 1,512090 |
| Paramètre $a_1$                                   | 0,104690                     | 0,170364           | 0,209041 | 0,110691   | 0,246914           | 0,454691 |

Tableau 26 - Paramètres pour le calcul d'un refroidissement nocturne

## 6.19.6 Utilisation de geocooling

### 6.19.6.1 Calcul du refroidissement par geocooling

L'allocation au prorata de la production de froid utile est calculée pour :

- a) le geocooling et
- b) le refroidissement avec refroidisseur.

La caractéristique de charge des sondes thermiques est définie comme étant le quotient du besoin de froid utile par longueur totale des sondes terrestres.

La part de la production de froid utile par geocooling est calculée comme l'extraction de froid utile du champ de sondes terrestres en dessous d'une température de départ de la distribution de froid utile maximale de 14 °C, 16 °C, 18 °C ou 20 °C divisé par le besoin en froid final. La part du refroidissement produite par geocooling se calcule pour les quatre régimes de température comme suit:

$$Anteil_{GS} = \min(1; a_{geo} \cdot e^{b_{geo} \cdot q_{c,sonde}})$$

où:

|               |         |   |
|---------------|---------|---|
| $Anteil_{GS}$ | -       | la part de la production de froid utile produite par geocooling   |
| $q_{c,sonde}$ | kWh/m/a | besoin en froid utile par mètre de sonde  |
| $a_{geo}$     | -       | paramètre de régression conformément au tableau 27 pour le calcul de la part de la production de froid utile par geocooling |
| $b_{geo}$     | -       | paramètre de régression conformément au tableau 27 pour le calcul de la part de la production de froid utile par geocooling |

avec :

$$q_{c,sonde} = \frac{q_{c,b} \cdot A_n}{l_{sonde}}$$

où:

|             |   |  |
|-------------|---|--|
| $l_{sonde}$ | m | longueur totale des sondes (forage géothermique) |
|-------------|---|--|

| Niveau de température | 14 °C  | 16 °C  | 18 °C  | 20 °C  |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
| $a_{geo}$             | 6,471  | 6,106  | 7,785  | 28,02  |
| $b_{geo}$             | -0,161 | -0,101 | -0,080 | -0,091 |

Tableau 27 - Paramètres de régression  $a_{geo}$  et  $b_{geo}$  pour le calcul de la part de la production de froid utile par geocooling en fonction du régime de température de froid utile

Pour l'intégration dans la méthodologie de la norme DIN V 18599-7, le facteur de freecooling  $f_{FC}$  est défini suivant la norme DIN V 18599-7, chapitre 7.2 pour les refroidisseurs avec freecooling dans les installations de refroidissement, en tant que facteur avec lequel le SEER de la réfrigération est amélioré.

La proportion de freecooling pour le freecooling via l'installation de refroidissement, en plus du refroidissement avec les refroidisseurs à compression, est définie dans la DIN V 18599-7, chapitre 7.2. Convertie avec une combinaison de différents composants de freecooling d'une machine de réfrigération par compression d'une part, et de freecooling à partir d'un champ de sondes terrestres d'autre part, il résulte alors :

$$SEER_{FC} = f_{FC} \cdot SEER_{KM} = Anteil_{GS} \cdot SEER_{GS} + Anteil_{KM} \cdot SEER_{KM}$$

avec:

$$f_{FC} = \frac{Anteil_{GS} \cdot SEER_{GS} + (1 - Anteil_{GS}) \cdot SEER_{KM}}{SEER_{KM}}$$

où

|               |  |
|---------------|--|
| $f_{FC}$      | facteur de freecooling conformément à la définition dans la DIN V 18599-7, chapitre 7.2, formule 74  |
| $Anteil_{KM}$ | part de la production en froid utile produite par un refroidisseur à compression ( $Anteil_{KM} = 1 - Anteil_{GS}$ )   |
| $SEER_{GS}$   | coefficient de performance annuel du froid utile par le geocooling, basée sur la norme DIN V 18599-7, chapitre 7.3, tableau 41 et formule 78                     |
| $SEER_{KM}$   | coefficient de performance annuel du froid utile par la machine frigorifique à compression et conformément à la DIN V 18599-7:2012, chapitre 7.1.3.1, formule 47 |

Par conséquent, avec la formule ci-dessus, le facteur de geocooling tel que défini par la norme DIN V 18599-7, chapitre 7.2, formule (74), peut être appliqué au geocooling partiel à partir de champs de sondes terrestres.

Pour l'application de la formule, il faut utiliser les proratas de froid utile produit par geocooling et par la machine frigorifique à compression suivant la formule pour le  $Anteil_{GS}$  et  $Anteil_{KM}$ .

En outre, les coefficients de performance annuels doivent être utilisés à la fois pour la production de froid utile avec la machine frigorifique et le geocooling. Le coefficient de performance annuel  $SEER_{GS}$  est par défaut considéré comme étant égal à 50 et considère des valeurs moyennes conformément à la norme DIN V 18599-7, chapitre 7.3, page 78, tableau 41. Le coefficient de performance annuel  $SEER_{KM}$  pour la réfrigération avec la machine frigorifique peut être déterminé selon la formule de la norme DIN V 18599-7, chapitre 7.1, pour différentes constellations de machines frigorifiques et d'installations de refroidissement. Cependant, le facteur de charge partielle dépend de la proportion de geocooling.

## 6.20 Méthodes de calcul simplifiées pour le corps du bâtiment

Pour l'établissement du bilan énergétique d'un bâtiment fonctionnel conformément au chapitre 2.1, les méthodes simplifiées décrites ci-après peuvent être appliquées. Pour le calcul simplifié, il existe la méthode:

- affectation simplifiée de l'enveloppe thermique du bâtiment conformément au chapitre 6.20.1.

### 6.20.1 Affectation simplifiée de l'enveloppe thermique du bâtiment

Dans le cadre de cette méthode simplifiée, l'enveloppe thermique du bâtiment est prise en compte au niveau global du bâtiment et elle est affectée aux zones au moyen d'une clé de répartition prescrite. L'affectation simplifiée comprend la surface de l'enveloppe thermique du bâtiment ainsi que les caractéristiques correspondantes des matériaux des éléments de construction.

Lors de l'affectation simplifiée, les catégories suivantes d'éléments de construction sont à distinguer:

- $A_w$  - mur extérieur (en contact avec l'extérieur, locaux non chauffés ou en contact avec le sol);
- $F_{e,x}$  - fenêtre selon l'orientation x;
- $D_a$  - toit (en contact avec l'extérieur ou combles non chauffés);
- $F_b$  - plancher (en contact avec le sol, caves non chauffées ou en contact avec l'extérieur).

L'affectation simplifiée de la surface de l'enveloppe thermique du bâtiment aux zones est effectuée en différenciant les catégories d'éléments de construction conformément à la formule suivante:

$$A_{i,z} = A_{i,ges} \cdot \frac{A_{N,i,z}}{A_{N,i,ges}}$$

où :

|               |       |  |
|---------------|-------|--|
| $A_{i,Z}$     | $m^2$ | est la surface de la catégorie d'éléments de construction $i$ affectée à la zone $Z$           |
| $A_{i,ges}$   | $m^2$ | est la surface totale de la catégorie d'éléments de construction $i$                           |
| $A_{N,i,Z}$   | $m^2$ | est la surface pondérée de la zone $Z$ pour la catégorie d'éléments de construction $i$        |
| $A_{N,i,ges}$ | $m^2$ | est la somme des surfaces pondérées des zones pour la catégorie d'éléments de construction $i$ |

À la surface  $A_{i,Z}$  de la catégorie d'éléments de construction  $i$  affectés à la zone  $Z$  sont associées des caractéristiques des matériaux, chaque caractéristique correspondant à la moyenne des surfaces pondérées pour la catégorie d'éléments de construction  $i$  respective. Pour l'exemple du coefficient spécifique de transfert de chaleur par transmission  $H'_{T,i,Z}$  qui est affecté à la partie de surface de l'enveloppe  $A_{i,Z}$ , cela signifie que:

$$H'_{T,i,Z} = H'_{T,i}$$

où :

|              |            |  |
|--------------|------------|--|
| $H'_{T,i,Z}$ | $W/(m^2K)$ | est le coefficient spécifique de transfert de chaleur par transmission affecté à la surface $A_{i,Z}$                                |
| $H'_{T,i}$   | $W/(m^2K)$ | est le coefficient spécifique moyen de transfert de chaleur par transmission obtenu pour la catégorie d'éléments de construction $i$ |

L'affectation simplifiée de la surface de l'enveloppe thermique du bâtiment n'est pas autorisée pour:

- l'affectation de surfaces de fenêtres en contact avec des constructions vitrées adjacentes non chauffées;
- l'affectation de surfaces de fenêtres en cas d'atriums.

Dans ces cas, les surfaces correspondantes des éléments de construction doivent être indiquées individuellement pour les zones concernées au niveau des zones conformément au chapitre 6.20.1.2. Les caractéristiques liées aux matériaux doivent être déterminées à travers l'affectation d'un élément de construction défini au niveau du bâtiment de la catégorie d'élément de construction respective.

Pour les zones d'un bâtiment ne tombant pas sous ces exceptions, il est possible de continuer à appliquer l'affectation simplifiée de l'enveloppe thermique du bâtiment.

Lors de l'affectation simplifiée de la surface de l'enveloppe du niveau global du bâtiment au niveau des zones, les surfaces d'enceintes de zones thermiquement non conditionnées ne sont pas prises en compte. Les surfaces et les éléments de construction doivent être définis séparément au niveau des zones lorsque cela est requis pour d'autres calculs.

### 6.20.1.1 Prise en considération au niveau global du bâtiment

Les surfaces partielles de l'enveloppe du bâtiment ainsi que leurs caractéristiques sont indiquées au niveau global du bâtiment comme la valeur cumulée pour l'ensemble du bâtiment. Il n'y a pas de distinction en fonction des zones. Chacune des surfaces partielles de l'enveloppe thermique du bâtiment doit être affectée à l'une des catégories d'éléments de construction définies au chapitre 6.20.1.

Au niveau global du bâtiment, toutes les surfaces de l'enveloppe thermique du bâtiment doivent être indiquées, même lorsque les surfaces partielles ou la surface totale sont définies séparément au niveau des zones. La prise en considération des surfaces partielles définies au niveau des zones est effectuée selon la méthode suivante:

$$A_{i,ges} = \sum_j A_{i,j} - \sum_{j,Z} A_{i,j,Z}$$

où

|             |       |  |
|-------------|-------|--|
| $A_{i,j}$   | $m^2$ | est la surface partielle de l'élément de construction ( $j$ ), qui est affectée à la catégorie d'éléments de construction $i$  |
| $A_{i,j,Z}$ | $m^2$ | est la surface partielle de l'élément de construction ( $j$ ), qui est définie au niveau des zones et qui est affectée à la catégorie d'éléments de construction $i$ |
| $A_{i,ges}$ | $m^2$ | est la surface totale de la catégorie d'éléments de construction $i$   |

Les caractéristiques moyennes des matériaux des catégories d'éléments de construction sont déterminées par la moyenne pondérée en fonction des surfaces des caractéristiques des matériaux de chaque surface partielle de la catégorie d'éléments de construction. Cela concerne, par exemple, pour les fenêtres, les grandeurs suivantes:

- le facteur de transmission énergétique total du vitrage pour une incidence verticale du rayonnement  $g_{\perp}$  et  $g_{\text{tot}}$  du vitrage et du dispositif de protection solaire (à prendre en considération pour chaque catégorie d'éléments de construction);
- le facteur de transmission lumineuse du vitrage  $_{TD65,SNA}$  (SNA: protections solaires et/ou écrans non utilisés) conformément à la norme DIN V 18599 - Partie 4;
- les facteurs de réduction pour le châssis et les montants et traverses  $k_1$ .

Pour les éléments de construction opaques, cela concerne les grandeurs suivantes :

- le coefficient spécifique de transfert de chaleur par transmission  $H'_{T,i}$ ;
- le facteur d'absorption solaire  $\alpha$ .

À titre d'exemple, la moyenne du coefficient spécifique de transfert de chaleur par transmission est obtenue à l'aide de l'équation suivante:

$$H'_{T,i} = \frac{\sum_j (A_{i,j} - A_{i,j,z}) \cdot H'_{T,i,j}}{A_{i,ges}}$$

où :

$H'_{T,i,j}$        $W/(m^2K)$       est le coefficient spécifique de transfert de chaleur par transmission de la surface partielle (j) affectée à la catégorie d'éléments de construction i

La surface totale pondérée des zones pour la catégorie d'éléments de construction i est obtenue par la somme des surfaces pondérées de chaque zone à l'aide de l'équation suivante:

$$A_{N,i,ges} = \sum_z A_{N,i,z}$$

où :

$A_{N,i,ges}$        $m^2$       est la somme des surfaces pondérées des zones pour la catégorie d'éléments de construction i

Au niveau global du bâtiment, les grandeurs supplémentaires suivantes sont définies; dans le cadre d'une méthode simplifiée, celles-ci peuvent être affectées aux éléments de construction ou aux zones:

- indice d'obstruction  $I_v$  pour la construction linéaire. Celui-ci doit être attribué à toutes les fenêtres de chaque orientation;
- facteur d'ombrage  $F_s$  pour l'ombrage dû aux constructions de chaque orientation. Celui-ci doit être attribué à toutes les fenêtres de chaque orientation;
- facteur de renouvellement de l'air pour une différence de pression  $n_{50}$  de 50 Pa. Celui-ci doit être attribué à chaque zone d'un bâtiment;
- Paramètre d'activation des dispositifs mobiles de protection solaire (a).

#### 6.20.1.2 Prise en considération au niveau des zones

Au niveau des zones, des parties d'ampleur différente de catégories d'éléments de construction peuvent être prises en considération au moyen des facteurs de pondération  $f_{i,z}$ . Les facteurs de pondération sont multipliés par la surface de la zone ce qui a un impact sur les différentes parties générées par la répartition automatique des surfaces. La surface pondérée des zones dans le cadre de l'affectation des surfaces est déterminée comme suit:

$$A_{N,i,z} = A_{N,z} \cdot f_{i,z}$$

où :

$A_{N,z}$   $m^2$  est la surface de plancher nette de la zone  $z$   
 $f_{i,z}$   $m^2$  est le facteur de pondération pour la catégorie d'éléments de construction  $i$  de la zone  $z$

Les facteurs de pondération doivent être définis conformément au tableau 28 au niveau des zones. Lors de la prise en considération simplifiée des surfaces de fenêtre, une surface de fenêtre peut être considérée comme « non existante » lorsque la surface de fenêtre spécifique de l'orientation concernée représente moins de 0,03  $m^2$  de surface de fenêtre par  $m^2$  de surface de plancher nette de la zone.

| Catégorie d'éléments de construction/Facteur de pondération | Éléments de construction en contact avec l'extérieur ou non chauffés |                  |
|---|--|------------------|
|   | Absent   | Présent          |
| Mur extérieur   | $f_{AW,z} = 0$   | $f_{AW,z} = 1$   |
| Toit  | $f_{Da,z} = 0$   | $f_{Da,z} = 1$   |
| Plancher  | $f_{Fb,z} = 0$   | $f_{Fb,z} = 1$   |
| Fenêtre (selon l'orientation $x$ )                          | $f_{Fe,z,x} = 0$   | $f_{Fe,z,x} = 1$ |

Tableau 28 - Facteurs de pondération pour la catégorie d'éléments de construction correspondante

Dans la mesure où des surfaces partielles d'une catégorie d'éléments de construction sont définies séparément dans des zones individuelles, il faut indiquer toutes les surfaces de la catégorie d'éléments de construction correspondante pour chacune des zones considérées. Dans ce cas, le facteur de pondération pour la catégorie d'éléments de construction  $i$  pour la zone  $z$  doit être  $f_{i,z} = 0$ .

Au niveau des zones, les autres grandeurs supplémentaires suivantes sont définies:

- La capacité d'accumulation thermique effective  $C_{wirk}$  d'une zone doit être classée en construction légère, moyenne ou lourde. La détermination de la capacité d'accumulation thermique effective et la classification du type de construction doivent être effectuées conformément au chapitre 1.2.6.
- La hauteur libre moyenne doit être indiquée et le volume d'air net de la zone doit être déterminé en utilisant la surface de plancher nette des zones. Le volume d'air net de l'ensemble du bâtiment est la somme des volumes d'air nets de chaque zone.
- Il faut indiquer le procédé de conditionnement de la zone.

### 6.20.2 Détermination simplifiée de l'éclairage à la lumière naturelle

En alternative au calcul détaillé, le modèle de calcul suivant peut être utilisé pour le calcul simplifié de l'éclairage à la lumière naturelle. Ce modèle est conçu pour la modélisation simple de bâtiments à plusieurs étages.

Une zone d'éclairage à la lumière naturelle peut être adoptée pour chaque zone et chaque orientation. Elle doit être divisée conformément à la norme DIN V 18599 - Partie 4 en une zone d'éclairage à la lumière naturelle avec une surface exposée à la lumière naturelle  $A_{TL}$  et une surface non éclairée à la lumière naturelle  $A_{KL}$ . Dans une zone d'éclairage à la lumière naturelle, différentes zones d'éclairage artificiel peuvent être prises en considération (par exemple: différents systèmes d'éclairage dans les locaux/parties d'une zone). En vue de réaliser le calcul, il faut attribuer le pourcentage de la surface des zones à ces différentes zones d'éclairage artificiel et les surfaces de fenêtre d'une zone doivent également être attribuées suivant une méthode simplifiée selon le pourcentage de répartition de ces zones d'éclairage artificiel. Il faut appliquer les lignes directrices du zonage de la norme DIN V 18599 - Partie 1 à la création de zones.

Si une zone d'éclairage à la lumière naturelle est alimentée en lumière naturelle simultanément par des impostes et des fenêtres verticales, il faut utiliser pour le calcul du besoin en électricité pour l'éclairage la valeur la plus favorable des deux valeurs pour l'éclairage à la lumière naturelle; cela concerne le quotient lumière naturelle.

Pour chaque zone, il faut tenir compte de la hauteur moyenne de linteau  $h_{Sl}$  et de la hauteur moyenne de fenêtre  $h_{Fe}$  pour une fenêtre caractéristique. Si l'évaluation de la hauteur moyenne de linteau ou de la hauteur moyenne de fenêtre n'est pas facilement réalisable en raison des géométries et/ou des positionnements très

différents des fenêtres dans une zone, celles-ci peuvent être déterminées par la moyenne pondérée en fonction des surfaces sur toutes les fenêtres d'une zone.

La largeur caractéristique des fenêtres  $b_{Fe,i}$  est déterminée via la surface totale de fenêtre pour chaque orientation en fonction de la hauteur moyenne des fenêtres  $h_{Fe}$ . Cette largeur est limitée par la largeur maximale possible d'une zone qui est obtenue en divisant la surface des façades pour chaque orientation (fenêtre + mur) par la hauteur moyenne de la zone  $h_z$ .

$$b_{Fe,i} = \min \left( \frac{A_{Fe,i} + A_{Wa,i}}{h_z} \cdot f_{F,ai}, \frac{A_{Fe,i}}{h_{Fe}} \right)$$

où :

|            |                                |  |
|------------|--------------------------------|--|
| $b_{Fe,i}$ | m                              | est la largeur caractéristique de fenêtre d'une zone en fonction de l'orientation $i$  |
| $A_{Fe,i}$ | m <sup>2</sup>                 | est la surface de fenêtre d'une zone en fonction de l'orientation $i$  |
| $A_{Wa,i}$ | m <sup>2</sup>                 | est la surface des murs extérieurs d'une zone selon l'orientation $i$  |
| $h_z$      | m                              | est la hauteur moyenne de la zone  |
| $h_{Fe}$   | m                              | est la hauteur moyenne des fenêtres dans la zone   |
| $f_{F,ai}$ | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> | est le coefficient de correction pour la référence de dimensions intérieures; valeur standard = 0,9 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |

La circonférence extérieure caractéristique moyenne des murs extérieurs de zone  $b_{Zone,ges}$  est obtenue par la somme de toutes les surfaces des façades extérieures (fenêtre + mur) divisée par la hauteur moyenne de zone  $h_z$ . Cette valeur correspond approximativement au périmètre des façades extérieures.

$$b_{Zone,ges} = \frac{\sum_i (A_{Fe,i} + A_{Wa,i})}{h_z} \cdot f_{F,ai}$$

où :

|                |   |   |
|----------------|---|---|
| $b_{Zone,ges}$ | m | est la circonférence extérieure caractéristique de zone |
|----------------|---|---|

La profondeur caractéristique de local  $a_R$  est obtenue en fonction de la circonférence extérieure caractéristique moyenne. La profondeur de local est prise pour chaque zone d'éclairement à la lumière naturelle orientée  $i$ .

$$a_R = a_{R,i} = \frac{A_z}{\frac{\sum_i (A_{Fe,i} + A_{Wa,i})}{h_z} \cdot f_{F,ai}} = \frac{A_z}{b_{Zone,ges}}$$

où :

|                |   |   |
|----------------|---|---|
| $b_{Zone,ges}$ | m | est la circonférence extérieure caractéristique d'une zone                  |
| $a_{R,i}$      | m | est la profondeur caractéristique de local en fonction de l'orientation $i$ |

En vue de déterminer sommairement le positionnement des fenêtres dans une zone, une moyenne représentative de la façade est formée. Pour le calcul de l'éclairement à la lumière naturelle, la surface de fenêtre  $A_{RB,TL,i}$  doit être déterminée au-dessus du niveau utile  $h_{Fe}$  d'après l'équation suivante:

$$A_{RB,TL,i} = \frac{\min(h_{Fe}; h_{St} - h_{Ne}) \cdot A_{Fe,i}}{h_{Fe}}$$

où :

|               |                |   |
|---------------|----------------|---|
| $A_{RB,TL,i}$ | m <sup>2</sup> | est la surface de fenêtre au-dessus du plan de travail en fonction de l'orientation $i$ |
| $h_{Fe}$      | m              | est la hauteur moyenne de la fenêtre  |
| $h_{St}$      | m              | est la hauteur de linteau moyenne   |
| $h_{Ne}$      | m              | est la hauteur du plan utile  |

La profondeur maximale de la zone d'éclairement à lumière naturelle est déterminée conformément à la norme DIN V 18599 - Partie 4.

$$a_{TL,max,i} = 2,5 \cdot (h_{St} - h_{Ne})$$

où :

$a_{TL,max,i}$  m est la profondeur maximale de la zone d'éclairage à la lumière naturelle en fonction de l'orientation  $i$

Le critère 1,25 conformément à la norme DIN V 18599 - Partie 4 est pris en considération.

Si  $a_{TL,max,i} \leq (a_{R,i} - 0,25 \cdot a_{TL,max,i})$ , alors  $a_{TL,i} = a_{TL,max,i}$

dans les autres cas:  $a_{TL,i} = a_{R,i}$

où :

$a_{TL,max,i}$  m est la profondeur maximale de la zone d'éclairage à la lumière naturelle en fonction de l'orientation  $i$   
 $a_{TL,i}$  m est la profondeur de la zone d'éclairage à la lumière naturelle en fonction de l'orientation  $i$   
 $a_{R,i}$  m est la profondeur caractéristique du local en fonction de l'orientation  $i$

Si les surfaces de fenêtre de toutes les façades orientées d'une zone sont placées dans une façade dotée d'ouvertures, la largeur de la zone d'éclairage à la lumière naturelle peut être augmentée de la moitié de la profondeur en suivant une méthode simplifiée.

Dans ce cas, il faut appliquer ce qui suit:  $b_{TL,i} = b_{Fe,i} + \frac{a_{TL,i}}{2}$

Dans le cas contraire, il faut appliquer ce qui suit:  $b_{TL,i} = b_{Fe,i}$

où :

$b_{TL,i}$  m est la largeur de la zone d'éclairage à la lumière naturelle en fonction de l'orientation  $i$   
 $b_{Fe,i}$  m est la largeur caractéristique des fenêtres d'une zone en fonction de l'orientation  $i$   
 $a_{TL,i}$  m est la profondeur de la zone d'éclairage à la lumière naturelle en fonction de l'orientation  $i$

Avec ces données, il est possible de déterminer la surface éclairée à la lumière naturelle  $A_{TL,i}$  en fonction de l'orientation d'après l'équation suivante:

$$A_{TL,i} = a_{TL,i} \cdot b_{TL,i}$$

où :

$A_{TL,i}$  m<sup>2</sup> est la surface éclairée à la lumière naturelle d'une zone pour l'orientation  $i$

### Puits de lumière de toit

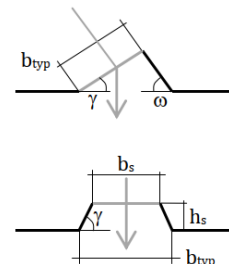
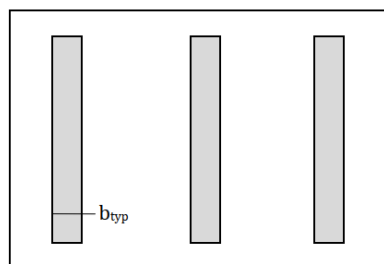
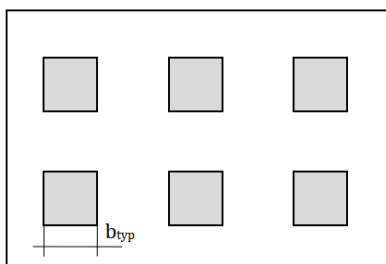
Si des puits de lumière de toit sont présents dans la zone, ceux-ci sont calculés à ce stade, c'est-à-dire que  $A_{TL,i}$  est déjà déterminé pour les façades.

Un seul puits de lumière de toit (horizontal ou du type « shed ») par zone est pris en compte.

Les fenêtres de toit nécessitent une approche compatible. En conséquence, les fenêtres de toit sont modifiées selon le modèle géométrique. Analogues aux simplifications des façades, les surfaces de la fenêtre de toit, en fonction du type de vitrage choisi (horizontal ou du type « shed »), sont traitées géométriquement pour ensuite pouvoir déterminer la zone éclairée à la lumière naturelle  $A_{TL,OL}$ , résultant de la zone de fenêtre de toit  $A_{Da}$ . Il est supposé que les fenêtres de toit sont uniformément distribuées – c'est à dire judicieusement réparties.

lucarne horizontale :

fenêtre du type « shed » :





Les valeurs par défaut:

**Pour les lucarnes horizontales:**

|            |                |   |
|------------|----------------|---|
| $h_s$      | m              | Distance entre vitre et surface de la toiture ( $h_s = 0,25$ m) |
| $b_s$      | m <sup>2</sup> | longueur de la vitre (par défaut un carré) ( $b_s = 1,00$ m)    |
| $\gamma_w$ | °              | l'inclinaison de la vitre ( $\gamma_w = 90^\circ$ )             |

Pour les fenêtres du type lucarne horizontale et du type « shed » :

|           |   |  |
|-----------|---|--|
| $b_{typ}$ | m | longueur de la vitre ( $b_{typ} = 1,00$ m) |
|-----------|---|--|

S'il y a des fenêtres dans la façade, la profondeur d'espace caractéristique calculée ci-dessus est utilisée. S'il n'y a pas de fenêtres dans la façade, un carré est utilisé et la profondeur d'espace caractéristique est calculée comme suit :

$$a_r = \sqrt{A_z}$$

où :

|       |                |                                     |
|-------|----------------|-------------------------------------|
| $a_r$ | m              | profondeur d'espace caractéristique |
| $A_z$ | m <sup>2</sup> | surface de la pièce                 |

Largeur caractéristique

Tout d'abord, une transformation de la surface de fenêtre totale  $A_{Fenster,HO}$  avec la largeur caractéristique  $b_{typ}$  en une bande de fenêtre de longueur  $l_{typ}$  a lieu.

$$l_{typ} = \frac{A_{Fenster,HO}}{b_{typ}}$$

où :

|                  |                |  |
|------------------|----------------|--|
| $l_{typ}$        | m              | longueur caractéristique de la vitre de la paumelle  |
| $A_{Fenster,HO}$ | m <sup>2</sup> | surface totale des fenêtres horizontales de la pièce |

En supposant que les puits de lumière sont répartis de manière uniforme, le nombre de puits de lumière de toit  $n_{OL}$  peut être déterminé à partir de la profondeur d'espace caractéristique de la zone  $a_r$  et du type de longueur caractéristique de puits de lumière. La profondeur d'espace caractéristique  $a_r$  est réduite d'une distance au mur.

$$n_{OL} = \frac{l_{typ}}{a_r - \frac{1}{2} \cdot d_{OL}}$$

où :

|          |       |  |
|----------|-------|--|
| $n_{OL}$ | pièce | nombre caractéristique de puits de lumière de toit |
| $d_{OL}$ | m     | distance entre les bandes lumineuses virtuelles    |

Afin de déterminer la surface éclairée à la lumière naturelle, les bandes de lumière virtuelle précédemment déterminées doivent être réparties sur la surface de la pièce. Pour cela, la distance entre les bandes lumineuses virtuelles  $d_{OL}$  doit être déterminée. En tant que critère de distance, la détermination de la profondeur maximale de la lumière du jour conformément à la DIN V 18599-4, sera utilisée pour la distance maximale entre les ouvertures des puits de lumière de toit.

$$d_{OL} = h_R - h_{Ne}$$

où :

|          |   |   |
|----------|---|---|
| $h_R$    | m | hauteur libre du local                                |
| $h_{Ne}$ | m | hauteur du plan utile conformément à la DIN V 18599-4 |

La longueur de la zone  $l_{OL,TL}$  éclairée à la lumière naturelle est calculée avec :

$$l_{OL,TL} = n_{OL} \cdot (d_{OL} + f_{OL} \cdot b_{typ})$$

où :

|             |   |  |
|-------------|---|--|
| $l_{OL,TL}$ | m | longueur de la zone éclairée à la lumière naturelle                          |
| $f_{OL}$    | - | facteur pour calculer la largeur caractéristique projetée sur le plan du sol |

Dans le cas des toits en appentis, la largeur caractéristique doit être évaluée avec l'angle d'inclinaison du vitrage par rapport à l'horizontale afin de déterminer la zone d'ouverture de la lumière projetée sur le plan du sol.

$$f_{OL} = \cos(\gamma_W)$$

Pour les puits de lumière horizontaux, le facteur doit être déterminé à partir des paramètres de géométrie d'un puits de lumière caractéristique conformément à la DIN V 18599-4, comme suit :

$$f_{OL} = \left( \frac{\tan(\gamma_W) \cdot b_{typ}}{\tan(\gamma_W) + \frac{h_s}{b_s}} \right) / b_{typ}$$

La surface éclairée à la lumière naturelle  $A_{TL,OL}$  est calculée comme suit :

$$A_{TL,OL} = l_{OL,TL} \cdot a_r$$

où :

|             |                |   |
|-------------|----------------|---|
| $A_{TL,OL}$ | m <sup>2</sup> | surface éclairée à la lumière naturelle d'une zone par des puits de lumière |
|-------------|----------------|---|

Avec les paramètres géométriques des puits de lumière de toit ( $\gamma_W$ ,  $h_s$ ,  $b_s$ ), les efficacités spatiales conformément à la DIN V 18599-4 (tableaux 19 et 20) et le quotient de la lumière du jour  $D_{OL}$  sur la base de la surface  $A_{TL,OL}$  éclairée à la lumière naturelle sont déterminées.

#### Chevauchement des zones d'éclairement à lumière naturelle par fenêtres et par puits de lumière

Les heures de fonctionnement effectives sont calculées pour la façade et les puits de lumière en parallèle, séparément les uns des autres. Afin de prendre en compte l'influence de zones d'éclairement à lumière naturelle qualitativement différentes, il est nécessaire de procéder à une évaluation par chevauchement des zones d'éclairement à lumière naturelle. Il faut vérifier quelle quantité de lumière du jour peut être utilisée dans quelle envergure. Cela se produit au niveau des heures de fonctionnement effectives pour la zone  $t_{eff,day,TL}$  éclairée à la lumière naturelle. Deux cas sont distingués:

- 1) Si la surface de la zone est supérieure à la somme des zones éclairées à la lumière naturelle par des fenêtres de façade et de la zone éclairée à la lumière naturelle par des puits de lumière, les fenêtres de toit et de façade ne se chevauchent pas et les zones éclairées à la lumière naturelle sont ajoutées.
- 2) Si la surface de la zone est inférieure à la somme des zones éclairées à la lumière naturelle par des fenêtres de façade et de la zone éclairée à la lumière naturelle par des puits de lumière, il y a un chevauchement. Pour les zones qui se chevauchent, conformément à la DIN V 18599-4, le cas le plus favorable est appliqué et les zones sont décalées les unes par rapport aux autres.

En fonction des zones éclairées à la lumière naturelle différenciées, les durées de fonctionnement effectives  $t_{eff,day,TL}$  sont pondérées et agrégées pour former une valeur de zone, utilisée pour calculer la demande de puissance d'éclairage.

Vu que la somme des surfaces éclairées à la lumière naturelle ne peut être supérieure à la surface totale des zones, la surface éclairée à la lumière naturelle  $A_{TL}$  pour la zone totale est limitée, lors de la détermination, à la surface maximale éclairée à la lumière naturelle.

$$A_{TL} = \min \left( \sum_i A_{TL,i} ; A_Z \right)$$

où :

|            |                |  |
|------------|----------------|--|
| $A_{TL}$   | m <sup>2</sup> | est la surface éclairée à la lumière naturelle dans une zone                     |
| $A_{TL,i}$ | m <sup>2</sup> | est la surface éclairée à la lumière naturelle d'une zone pour l'orientation $i$ |

$A_Z$   $m^2$  est la surface de plancher nette de la zone Z

La surface non éclairée à la lumière naturelle  $A_{KL}$  est calculée à partir de la différence entre la surface de plancher nette  $A_Z$  et la surface éclairée à la lumière naturelle  $A_{TL}$  dans une zone.

$$A_{KL} = A_Z - A_{TL}$$

où :

$A_{KL}$   $m^2$  est la surface non éclairée à la lumière naturelle dans une zone

#### Valeurs limites pour la détermination de l' $A_{TL}$ de la zone de lumière du jour

$$A_{TL,OL} \leq A_Z$$

$$A_{TL,FA} \leq A_Z$$

$$A_{TL,OL} + A_{TL,FA} \leq A_Z$$

$$A_{TL} = \min(A_{TL,OL} + A_{TL,FA}; A_Z)$$

#### Chevauchement et pondération des heures de fonctionnement effectives par jour

$$A_{TL,lap} = \max(0; -1 \cdot (A_Z - A_{TL,OL} - A_{TL,FA}))$$

avec:

$A_{TL,lap}$   $m^2$  la surface éclairée à la lumière naturelle à la fois par des fenêtres et par des puits de lumière de toit  
 $A_{TL,FA}$   $m^2$  la surface éclairée à la lumière naturelle par des fenêtres

$$t_{eff,Tag,TL,lap} = \min(t_{eff,Tag,TL,OL}; t_{eff,Tag,TL,FA})$$

avec:

$t_{eff,Tag,TL,lap}$  h/a la durée par an où la surface de la zone est éclairée à la lumière naturelle à la fois par des fenêtres et par des puits de lumière de toit  
 $t_{eff,Tag,TL,OL}$  h/a la durée par an où la surface de la zone est éclairée à la lumière naturelle par des puits de lumière de toit  
 $t_{eff,Tag,TL,FA}$  h/a la durée par an où la surface de la zone est éclairée à la lumière naturelle par des fenêtres

$$A_{TL,best} = A_{TL} \quad \text{avec } \min(t_{eff,Tag,TL,OL}; t_{eff,Tag,TL,FA}) - A_{TL,lap}$$

$$A_{TL,worst} = A_{TL} \quad \text{avec } \max(t_{eff,Tag,TL,OL}; t_{eff,Tag,TL,FA}) - A_{TL,lap}$$

avec:

$A_{TL,best}$   $m^2$  la surface maximale éclairée à la lumière naturelle  
 $A_{TL,worst}$   $m^2$  la surface minimale éclairée à la lumière naturelle

$$t_{eff,Tag,TL} = ((A_{TL,best} + A_{TL,lap}) \cdot \min(t_{eff,Tag,TL,OL}; t_{eff,Tag,TL,FA}) + A_{TL,worst} \cdot \max(t_{eff,Tag,TL,OL}; t_{eff,Tag,TL,FA})) / (A_{TL,best} + A_{TL,lap} + A_{TL,worst})$$

avec:

$t_{eff,Tag,TL}$  h/a la durée corrigée par an où une surface de la zone est éclairée à la lumière naturelle

### 6.20.3 Coefficients de correction de la température $F_x$ dans le cas du chauffage et du refroidissement

Dans le cas du chauffage, il est possible d'appliquer les valeurs de  $F_x$  conformes à la norme DIN V 18599 - Partie 2, tableau 3, les températures moyennes mensuelles visées au tableau 30 et tableau 31 ou les valeurs de  $F_x$  visées au tableau 32 et au tableau 33.

Dans le cas du refroidissement, il est possible d'utiliser les températures moyennes mensuelles visées au 9 et au tableau 31 ou les valeurs de  $F_x$  visées au tableau 32 et au tableau 33.

En vue de déterminer les températures moyennes mensuelles visées au tableau 30 et au tableau 31 ou les valeurs de  $F_x$  visées au tableau 32 et au tableau 33, il faut réaliser un classement des zones non conditionnées selon les critères suivants:

- Standard d'isolation: la zone non conditionnée doit être classée selon son standard d'isolation. Le standard d'isolation d'une zone non conditionnée est défini par le coefficient spécifique de transfert de chaleur par transmission  $H'_{T,ue}$  en  $W/(m^2K)$ .
- Charges solaires: la zone non conditionnée est classée en fonction des charges solaires présentes ou des apports internes existants. Le classement des charges solaires correspond généralement à la part vitrée en combinaison avec la protection solaire de la construction vitrée non conditionnée.
- Profondeur dans le sol: Si la zone non conditionnée est en contact avec le sol; elle est à classer selon son standard d'isolation et la profondeur/situation dans le sol. Pour les murs, il faut adopter la profondeur moyenne sous le sol. Pour les éléments de construction horizontaux, la profondeur correspond à la différence entre le bord inférieur d'un élément de construction et le bord supérieur du niveau du sol.

#### 6.20.3.1 Classement en fonction du standard d'isolation

Le standard d'isolation de la zone non conditionnée est classé conformément au tableau suivant:

| Standard d'isolation de la zone limitrophe        | Valeur de calcul de $H'_{T,ue}$ |
|---|---------------------------------|
| Pas d'isolation<br>( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 1,50 $W/(m^2K)$                 |
| Mauvaise isolation<br>( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 1,00 $W/(m^2K)$                 |
| Isolation moyenne<br>( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 0,50 $W/(m^2K)$                 |
| Bonne isolation<br>( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 0,25 $W/(m^2K)$                 |

Tableau 29 - Définition du standard d'isolation des zones concernées

#### 6.20.3.2 Classification en fonction des charges solaires

La figure 4 représente le modèle d'évaluation énergétique de la zone non conditionnée avec des apports solaires.

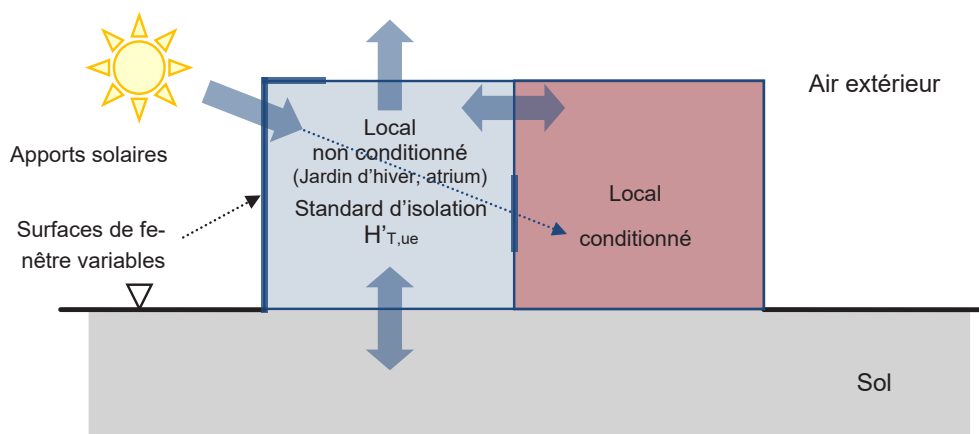


Figure 4 - Schéma du modèle permettant d'analyser l'impact des zones non conditionnées exposées aux rayonnements solaires sur le bilan énergétique thermique

Les valeurs de calcul fournies dans les tableaux sont déterminées pour une configuration sans protection solaire. En cas d'utilisation de systèmes de protection solaire, la part de surface de fenêtre peut être augmentée sans que les apports solaires n'augmentent. L'éventuelle augmentation de la part de surface de fenêtre dépend de la performance de la protection solaire. Il faut distinguer deux cas d'application:

- 1) Classification de la zone non conditionnée en fonction de la part de surface de fenêtre. Cette classification peut être appliquée lorsqu'il s'agit d'une construction vitrée adjacente simple avec une surface de fenêtre en façade et que la part de surface de fenêtre peut être facilement évaluée.
- 2) Classification de la zone non conditionnée en fonction de la part de surface de fenêtre rapportée à la surface de plancher nette  $f_{Fe,An,u}$ . Dans le cas des atriums présentant différentes surfaces vitrées ou pour des surfaces vitrées avec différentes orientations, la détermination de la part de surface fenêtre n'est pas toujours aisée. La détermination de la surface de fenêtre rapportée à la surface de plancher nette donne des informations sur les apports solaires dans la zone non conditionnée qui peuvent être corrigés en fonction de l'orientation.

Lors de l'évaluation, des corrections sont nécessaires en particulier pour les surfaces vitrées horizontales et les surfaces orientées au nord. Pour les fenêtres orientées au nord ou pour les fenêtres qui ne sont pas exposées au rayonnement direct, les rayonnements solaires évalués sont plus faibles. Les rayonnements sont plus élevés pour les surfaces de fenêtre horizontales. En référence à la méthode relative à la protection thermique d'été visée au chapitre 1.2, les surfaces de fenêtre doivent être pondérées en fonction de l'orientation.

La surface de fenêtre modifiée rapportée à la surface de plancher nette  $f_{Fe,An,u}$  est obtenue pour différentes orientations d'après l'équation suivante:

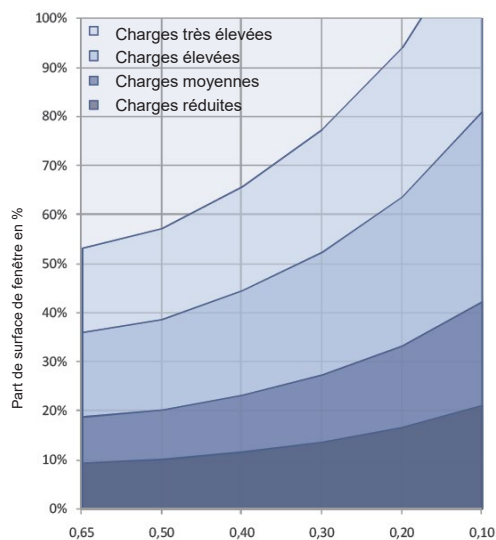
$$f_{Fe,An,u} = \frac{\sum_i A_{fe,(O,S,W),i} + 0,4 \cdot \sum_i A_{fe,N,i} + 1,4 \cdot \sum_i A_{fe,H,i}}{A_{n,u}}$$

où :

|                    |                                |  |
|--------------------|--------------------------------|--|
| $f_{Fe,An,u}$      | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> | est la surface de fenêtre rapportée à la surface de plancher nette   |
| $A_{n,u}$          | m <sup>2</sup>                 | est la surface de plancher nette de la zone non conditionnée   |
| $A_{fe,(O,S,W),i}$ | m <sup>2</sup>                 | est la surface des fenêtres ( <i>i</i> ) orientées à l'est, au sud ou à l'ouest (du nord-est en passant par le sud jusqu'au nord-ouest)                                      |
| $A_{fe,N,i}$       | m <sup>2</sup>                 | est la surface des fenêtres ( <i>i</i> ) orientées au nord (du nord-ouest en passant par le nord jusqu'au nord-est) et les surfaces des fenêtres qui sont toujours à l'ombre |
| $A_{fe,H,i}$       | m <sup>2</sup>                 | est la surface des fenêtres ( <i>i</i> ) horizontales ou inclinées ou des éléments de construction transparents ( <i>i</i> ) avec 0° ≤ inclinaison ≤ 60°                     |

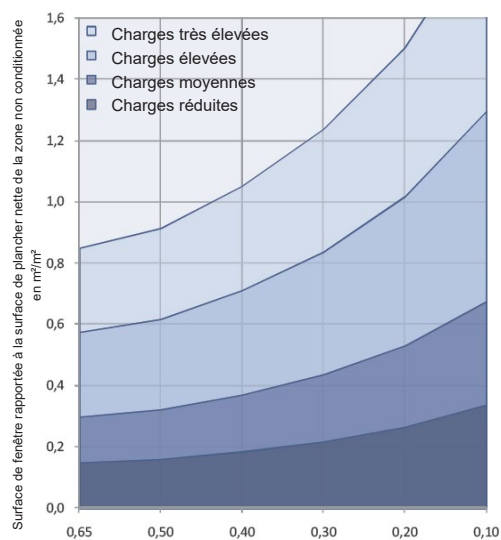
Les diagrammes suivants illustrent cette classification.

Classification en profils de charge en fonction de la protection solaire et de la part de surface de fenêtre totale de la zone non conditionnée



Facteur de transmission énergétique total,  $g_{tot}$

Classification en profils de charge en fonction de la protection solaire et de la surface de fenêtre rapportée à la surface de plancher nette de la zone non conditionnée



Facteur de transmission énergétique total,  $g_{tot}$

Figure 5 - Estimation du niveau des apports solaires d'une zone non conditionnée en fonction de la protection solaire et de la part de surface de fenêtre respectivement de la surface de fenêtre rapportée à la surface de plancher nette

### 6.20.3.3 Classification en fonction de la profondeur sous-sol

Une zone non conditionnée est représentée de manière simplifiée en fonction de la profondeur sous-sol. La figure suivante illustre les paramètres de classification en fonction de l'emplacement dans le sol. Les paramètres requis sont la profondeur de la zone non conditionnée dans le sol et le standard d'isolation.

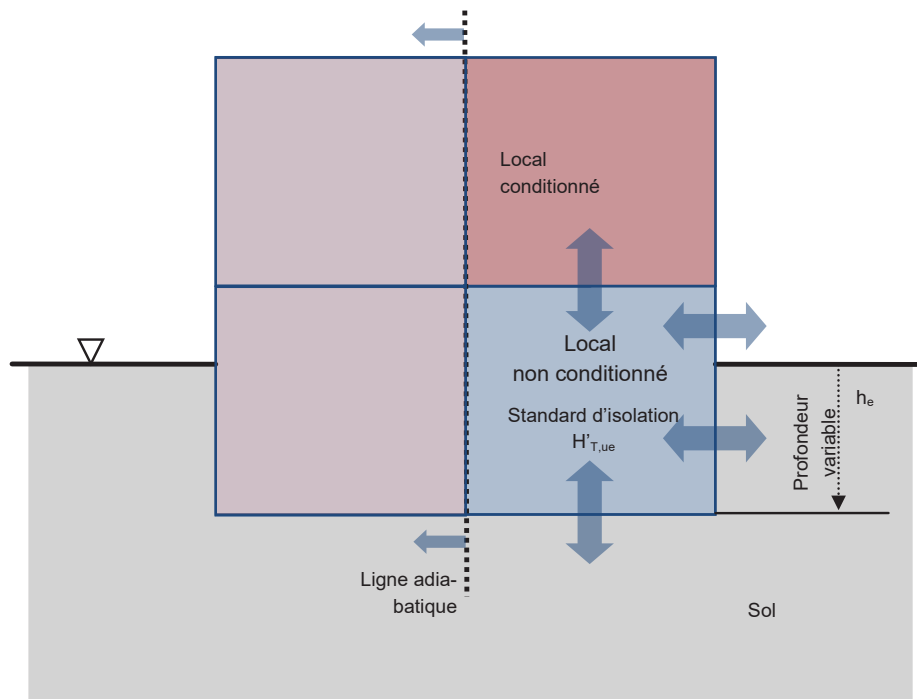


Figure 6 - Modèle de l'emplacement des zones non conditionnées sous-sol

## Valeurs moyennes mensuelles de la température intérieure des zones non conditionnées avoisinantes

Zone **sans** charge interne et/ou solaire

| Standard d'isolation                              | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|---|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation<br>( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 0,1   | 1,7  | 5,0  | 10,0 | 13,6 | 16,5 | 18,5  | 18,4 | 14,9  | 9,9  | 5,6  | 2,3  |
| Mauvaise isolation<br>( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 0,5   | 2,0  | 5,3  | 10,2 | 13,7 | 16,5 | 18,5  | 18,5 | 15,0  | 10,1 | 5,9  | 2,6  |
| Isolation moyenne<br>( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 1,3   | 2,9  | 6,0  | 10,7 | 14,0 | 16,7 | 18,6  | 18,6 | 15,2  | 10,6 | 6,6  | 3,4  |
| Bonne isolation<br>( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 2,5   | 3,9  | 6,9  | 11,3 | 14,4 | 16,9 | 18,7  | 18,8 | 15,6  | 11,2 | 7,4  | 4,5  |

Zone avec de **faibles** charges internes et/ou solaires

| Standard d'isolation                              | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|---|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation<br>( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 0,8   | 2,4  | 5,9  | 11,3 | 14,7 | 17,7 | 19,7  | 19,4 | 15,9  | 10,8 | 6,3  | 2,8  |
| Mauvaise isolation<br>( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 1,5   | 3,1  | 6,5  | 12,0 | 15,3 | 18,2 | 19,8  | 19,9 | 16,5  | 11,3 | 6,8  | 3,4  |
| Isolation moyenne<br>( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 3,0   | 4,6  | 8,0  | 13,8 | 16,7 | 19,5 | 20,4  | 20,2 | 17,8  | 12,6 | 8,1  | 4,6  |
| Bonne isolation<br>( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 5,0   | 6,6  | 10,0 | 16,1 | 18,5 | 19,0 | 21,1  | 20,8 | 19,5  | 14,2 | 9,7  | 6,2  |

Zone avec des charges **moyennes** internes et/ou solaires

| Standard d'isolation                              | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|---|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation<br>( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 1,5   | 3,2  | 6,7  | 12,6 | 15,8 | 18,8 | 20,4  | 20,1 | 17,0  | 11,6 | 6,9  | 3,3  |
| Mauvaise isolation<br>( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 2,5   | 4,1  | 7,7  | 13,8 | 16,8 | 19,8 | 21,1  | 20,7 | 18,0  | 12,5 | 7,7  | 4,0  |
| Isolation moyenne<br>( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 4,6   | 6,3  | 10,0 | 16,8 | 19,2 | 20,3 | 22,4  | 21,8 | 18,5  | 14,4 | 9,5  | 5,7  |
| Bonne isolation<br>( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 7,4   | 9,0  | 12,9 | 16,2 | 18,6 | 21,5 | 23,6  | 22,9 | 19,7  | 16,9 | 11,8 | 7,9  |

Zone avec des charges **élevées** internes et/ou solaires

| Standard d'isolation                              | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|---|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation<br>( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 2,5   | 4,3  | 8,2  | 15,2 | 18,4 | 20,9 | 22,9  | 22,0 | 19,0  | 12,9 | 7,8  | 4,0  |
| Mauvaise isolation<br>( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 3,8   | 5,6  | 9,7  | 17,5 | 18,9 | 22,3 | 24,4  | 23,2 | 19,4  | 14,3 | 8,9  | 4,9  |
| Isolation moyenne<br>( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 6,7   | 8,7  | 13,2 | 18,8 | 21,5 | 25,1 | 27,2  | 25,4 | 21,7  | 17,4 | 11,5 | 7,1  |
| Bonne isolation<br>( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 10,4  | 12,6 | 17,5 | 21,6 | 24,0 | 27,7 | 29,8  | 27,6 | 23,8  | 16,7 | 14,7 | 9,9  |

Zone avec des charges **très élevées** internes et/ou solaires

| Standard d'isolation                              | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|---|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation<br>( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 3,4   | 5,3  | 9,6  | 17,8 | 19,7 | 23,3 | 25,4  | 23,9 | 19,9  | 14,2 | 8,7  | 4,6  |
| Mauvaise isolation<br>( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 5,0   | 7,1  | 11,6 | 18,7 | 21,7 | 25,5 | 27,6  | 25,6 | 21,6  | 16,1 | 10,1 | 5,8  |
| Isolation moyenne<br>( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 8,7   | 11,1 | 16,3 | 22,9 | 25,5 | 29,7 | 31,8  | 28,9 | 24,8  | 17,1 | 13,4 | 8,5  |
| Bonne isolation<br>( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 13,1  | 15,8 | 15,3 | 26,9 | 29,1 | 33,6 | 35,8  | 32,1 | 27,8  | 19,3 | 17,4 | 11,7 |

Tableau 30 - Température moyenne en °C dans une zone non conditionnée avec des charges internes et/ou solaires



Zone  $h_e < 0,5$  m profondeur dans le sol

| Standard d'isolation                           | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation ( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 2,4   | 4,0  | 6,8  | 11,1 | 13,8 | 15,9 | 17,6  | 17,6 | 14,5  | 10,3 | 6,9  | 4,3  |
| Mauvaise isolation ( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 3,4   | 4,9  | 7,6  | 11,5 | 14,0 | 16,0 | 17,5  | 17,5 | 14,6  | 10,7 | 7,5  | 5,2  |
| Isolation moyenne ( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 5,2   | 6,5  | 8,8  | 12,3 | 14,5 | 16,3 | 17,6  | 17,7 | 15,1  | 11,7 | 8,8  | 6,7  |
| Bonne isolation ( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 6,8   | 7,9  | 10,0 | 13,2 | 15,2 | 16,7 | 18,0  | 18,1 | 15,7  | 12,7 | 10,1 | 8,2  |

Zone  $h_e \geq 0,5$  m et  $< 1,0$  m profondeur dans le sol

| Standard d'isolation                           | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation ( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 2,7   | 4,3  | 7,0  | 11,2 | 13,8 | 15,9 | 17,4  | 17,4 | 14,4  | 10,3 | 7,0  | 4,5  |
| Mauvaise isolation ( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 3,7   | 5,2  | 7,7  | 11,6 | 14,0 | 15,9 | 17,4  | 17,4 | 14,5  | 10,8 | 7,7  | 5,3  |
| Isolation moyenne ( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 5,4   | 6,7  | 9,0  | 12,4 | 14,5 | 16,2 | 17,5  | 17,5 | 15,0  | 11,6 | 8,9  | 6,9  |
| Bonne isolation ( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 6,9   | 8,0  | 10,1 | 13,2 | 15,1 | 16,7 | 17,9  | 17,9 | 15,7  | 12,6 | 10,1 | 8,3  |

Zone  $h_e \geq 1,0$  m et  $< 2,0$  m profondeur dans le sol

| Standard d'isolation                           | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation ( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 3,6   | 5,1  | 7,7  | 11,5 | 13,9 | 15,8 | 17,2  | 17,1 | 14,2  | 10,5 | 7,4  | 5,2  |
| Mauvaise isolation ( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 4,5   | 5,9  | 8,3  | 11,9 | 14,1 | 15,9 | 17,1  | 17,0 | 14,4  | 10,9 | 8,1  | 6,0  |
| Isolation moyenne ( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 5,9   | 7,2  | 9,3  | 12,5 | 14,5 | 16,1 | 17,3  | 17,2 | 14,9  | 11,7 | 9,2  | 7,3  |
| Bonne isolation ( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 7,2   | 8,3  | 10,3 | 13,2 | 15,1 | 16,5 | 17,7  | 17,7 | 15,6  | 12,6 | 10,3 | 8,5  |

Zone  $h_e \geq 2,0$  m et  $< 3,0$  m profondeur dans le sol

| Standard d'isolation                           | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation ( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 5,4   | 6,7  | 9,0  | 12,2 | 14,2 | 15,8 | 16,8  | 16,5 | 14,1  | 10,9 | 8,4  | 6,6  |
| Mauvaise isolation ( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 5,9   | 7,1  | 9,3  | 12,3 | 14,3 | 15,8 | 16,8  | 16,6 | 14,3  | 11,3 | 8,8  | 7,0  |
| Isolation moyenne ( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 6,7   | 7,8  | 9,8  | 12,7 | 14,6 | 16,0 | 17,0  | 17,0 | 14,8  | 11,9 | 9,6  | 7,9  |
| Bonne isolation ( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 7,6   | 8,6  | 10,5 | 13,3 | 15,0 | 16,4 | 17,5  | 17,5 | 15,5  | 12,7 | 10,5 | 8,8  |

Zone  $h_e \geq 3,0$  m profondeur dans le sol

| Standard d'isolation                           | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation ( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 5,4   | 6,7  | 8,9  | 12,1 | 14,1 | 15,7 | 16,7  | 16,4 | 14,0  | 10,9 | 8,3  | 6,5  |
| Mauvaise isolation ( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 5,8   | 7,1  | 9,2  | 12,3 | 14,2 | 15,7 | 16,7  | 16,5 | 14,2  | 11,2 | 8,7  | 7,0  |
| Isolation moyenne ( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 6,6   | 7,7  | 9,7  | 12,6 | 14,5 | 15,9 | 16,9  | 16,9 | 14,7  | 11,8 | 9,5  | 7,8  |
| Bonne isolation ( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 7,4   | 8,5  | 10,4 | 13,2 | 14,9 | 16,3 | 17,4  | 17,4 | 15,3  | 12,6 | 10,3 | 8,7  |

Tableau 31 - Températures moyennes en °C dans une zone non conditionnée en contact avec le sol

## Coefficients de correction de la température pour des zones non conditionnées

Zone **sans** charge interne et/ou solaire

| Standard d'isolation                           | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation ( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 0,94  | 0,95 | 0,95 | 0,96 | 0,92 | 0,87 | 0,86  | 0,96 | 0,93  | 0,93 | 0,94 | 0,95 |
| Mauvaise isolation ( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 0,92  | 0,93 | 0,93 | 0,94 | 0,91 | 0,85 | 0,85  | 0,94 | 0,92  | 0,92 | 0,93 | 0,93 |
| Isolation moyenne ( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 0,88  | 0,89 | 0,89 | 0,90 | 0,87 | 0,83 | 0,82  | 0,90 | 0,88  | 0,88 | 0,89 | 0,89 |
| Bonne isolation ( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 0,83  | 0,84 | 0,84 | 0,85 | 0,82 | 0,79 | 0,79  | 0,85 | 0,83  | 0,83 | 0,84 | 0,84 |

Zone avec de **faibles** charges internes et/ou solaires

| Standard d'isolation                           | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation ( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 0,91  | 0,91 | 0,90 | 0,85 | 0,79 | 0,66 | 0,52  | 0,64 | 0,78  | 0,86 | 0,91 | 0,92 |
| Mauvaise isolation ( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 0,88  | 0,88 | 0,86 | 0,79 | 0,72 | 0,57 | 0,49  | 0,50 | 0,71  | 0,82 | 0,87 | 0,90 |
| Isolation moyenne ( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 0,81  | 0,81 | 0,77 | 0,64 | 0,56 | 0,34 | 0,31  | 0,41 | 0,52  | 0,72 | 0,80 | 0,84 |
| Bonne isolation ( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 0,72  | 0,71 | 0,66 | 0,45 | 0,35 | 0,43 | 0,12  | 0,22 | 0,29  | 0,59 | 0,70 | 0,76 |

Zone avec des charges **moyennes** internes et/ou solaires

| Standard d'isolation                           | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août  | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation ( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 0,88  | 0,88 | 0,85 | 0,74 | 0,66 | 0,46 | 0,31  | 0,44  | 0,64  | 0,80 | 0,87 | 0,90 |
| Mauvaise isolation ( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 0,83  | 0,83 | 0,79 | 0,64 | 0,54 | 0,29 | 0,12  | 0,26  | 0,50  | 0,73 | 0,82 | 0,86 |
| Isolation moyenne ( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 0,74  | 0,73 | 0,66 | 0,39 | 0,27 | 0,21 | -0,25 | -0,09 | 0,43  | 0,57 | 0,71 | 0,78 |
| Bonne isolation ( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 0,62  | 0,60 | 0,50 | 0,44 | 0,34 | 0,00 | -0,60 | -0,43 | 0,26  | 0,37 | 0,58 | 0,68 |

Zone avec des charges **élevées** internes et/ou solaires

| Standard d'isolation                           | Janv. | Fév. | Mars | Avr.  | Mai   | Juin  | Juil. | Août  | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation ( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 0,83  | 0,82 | 0,77 | 0,53  | 0,36  | 0,11  | -0,41 | -0,16 | 0,36  | 0,69 | 0,81 | 0,87 |
| Mauvaise isolation ( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 0,78  | 0,76 | 0,68 | 0,34  | 0,30  | -0,14 | -0,83 | -0,52 | 0,29  | 0,58 | 0,75 | 0,82 |
| Isolation moyenne ( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 0,65  | 0,61 | 0,48 | 0,22  | 0,00  | -0,61 | -1,62 | -1,23 | -0,03 | 0,33 | 0,59 | 0,71 |
| Bonne isolation ( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 0,49  | 0,43 | 0,23 | -0,01 | -0,29 | -1,07 | -2,38 | -1,90 | -0,33 | 0,39 | 0,40 | 0,58 |

Zone avec des charges **très élevées** internes et/ou solaires

| Standard d'isolation                           | Janv. | Fév. | Mars | Avr.  | Mai   | Juin  | Juil. | Août  | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation ( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 0,79  | 0,77 | 0,69 | 0,31  | 0,21  | -0,31 | -1,12 | -0,74 | 0,22  | 0,59 | 0,76 | 0,84 |
| Mauvaise isolation ( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 0,72  | 0,69 | 0,57 | 0,23  | -0,02 | -0,69 | -1,75 | -1,28 | -0,02 | 0,44 | 0,68 | 0,78 |
| Isolation moyenne ( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 0,56  | 0,50 | 0,30 | -0,12 | -0,47 | -1,41 | -2,95 | -2,32 | -0,46 | 0,36 | 0,48 | 0,64 |
| Bonne isolation ( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 0,37  | 0,27 | 0,36 | -0,45 | -0,89 | -2,09 | -4,08 | -3,30 | -0,89 | 0,18 | 0,24 | 0,48 |

Tableau 32 - Coefficients de correction de la température pour une zone non conditionnée avec des charges internes et/ou solaires

Zone  $h_e < 0,5$  m profondeur dans le sol

| Standard d'isolation                           | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation ( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 0,84  | 0,84 | 0,84 | 0,87 | 0,90 | 0,96 | 1,13  | 1,22 | 0,99  | 0,90 | 0,87 | 0,85 |
| Mauvaise isolation ( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 0,79  | 0,79 | 0,80 | 0,83 | 0,87 | 0,95 | 1,14  | 1,24 | 0,97  | 0,87 | 0,83 | 0,81 |
| Isolation moyenne ( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 0,72  | 0,72 | 0,73 | 0,76 | 0,81 | 0,90 | 1,11  | 1,20 | 0,90  | 0,79 | 0,75 | 0,73 |
| Bonne isolation ( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 0,65  | 0,65 | 0,66 | 0,69 | 0,74 | 0,82 | 1,00  | 1,08 | 0,81  | 0,71 | 0,68 | 0,66 |

Zone  $h_e \geq 0,5$  m et  $< 1,0$  m profondeur dans le sol

| Standard d'isolation                           | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation ( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 0,82  | 0,83 | 0,83 | 0,86 | 0,90 | 0,97 | 1,16  | 1,27 | 1,00  | 0,90 | 0,86 | 0,84 |
| Mauvaise isolation ( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 0,78  | 0,78 | 0,79 | 0,83 | 0,87 | 0,96 | 1,18  | 1,29 | 0,98  | 0,87 | 0,82 | 0,80 |
| Isolation moyenne ( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 0,71  | 0,71 | 0,72 | 0,76 | 0,81 | 0,91 | 1,15  | 1,25 | 0,92  | 0,79 | 0,75 | 0,72 |
| Bonne isolation ( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 0,64  | 0,64 | 0,66 | 0,69 | 0,74 | 0,83 | 1,03  | 1,11 | 0,82  | 0,71 | 0,68 | 0,66 |

Zone  $h_e \geq 1,0$  m et  $< 2,0$  m profondeur dans le sol

| Standard d'isolation                           | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation ( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 0,78  | 0,78 | 0,79 | 0,83 | 0,88 | 0,98 | 1,24  | 1,38 | 1,02  | 0,89 | 0,84 | 0,81 |
| Mauvaise isolation ( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 0,74  | 0,75 | 0,76 | 0,80 | 0,86 | 0,97 | 1,25  | 1,39 | 1,00  | 0,85 | 0,80 | 0,77 |
| Isolation moyenne ( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 0,68  | 0,69 | 0,70 | 0,75 | 0,81 | 0,93 | 1,21  | 1,33 | 0,93  | 0,79 | 0,73 | 0,70 |
| Bonne isolation ( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 0,63  | 0,63 | 0,65 | 0,69 | 0,75 | 0,85 | 1,09  | 1,18 | 0,84  | 0,71 | 0,67 | 0,64 |

Zone  $h_e \geq 2,0$  m et  $< 3,0$  m profondeur dans le sol

| Standard d'isolation                           | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation ( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 0,71  | 0,71 | 0,72 | 0,78 | 0,84 | 0,99 | 1,35  | 1,55 | 1,04  | 0,85 | 0,78 | 0,74 |
| Mauvaise isolation ( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 0,68  | 0,69 | 0,70 | 0,76 | 0,84 | 0,99 | 1,35  | 1,53 | 1,02  | 0,83 | 0,76 | 0,72 |
| Isolation moyenne ( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 0,65  | 0,65 | 0,67 | 0,73 | 0,81 | 0,95 | 1,28  | 1,42 | 0,95  | 0,77 | 0,71 | 0,67 |
| Bonne isolation ( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 0,61  | 0,62 | 0,63 | 0,68 | 0,75 | 0,87 | 1,14  | 1,24 | 0,85  | 0,71 | 0,66 | 0,63 |

Zone  $h_e \geq 3,0$  m profondeur dans le sol

| Standard d'isolation                           | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Pas d'isolation ( $H'_{T,ue} > 1,3$ )          | 0,71  | 0,71 | 0,72 | 0,78 | 0,86 | 1,01 | 1,38  | 1,58 | 1,05  | 0,86 | 0,78 | 0,74 |
| Mauvaise isolation ( $0,7 < H'_{T,ue} < 1,3$ ) | 0,69  | 0,69 | 0,71 | 0,77 | 0,85 | 1,00 | 1,38  | 1,55 | 1,03  | 0,83 | 0,76 | 0,72 |
| Isolation moyenne ( $0,4 < H'_{T,ue} < 0,7$ )  | 0,65  | 0,66 | 0,68 | 0,74 | 0,82 | 0,97 | 1,31  | 1,45 | 0,96  | 0,78 | 0,71 | 0,68 |
| Bonne isolation ( $0,15 < H'_{T,ue} < 0,4$ )   | 0,62  | 0,62 | 0,64 | 0,70 | 0,77 | 0,89 | 1,18  | 1,28 | 0,87  | 0,72 | 0,66 | 0,64 |

Tableau 33 - Coefficients de correction de la température pour une zone non conditionnée en contact avec le sol

#### 6.20.4 Représentation simplifiée de l'ombrage

L'ombrage simplifié est réalisé au niveau global du bâtiment en fonction de chaque orientation de façade. Pour simplifier la prise en considération de l'ombrage, des angles d'ombrage tels que prévus au tableau 34 sont définis forfaitairement pour chaque façade d'un bâtiment. À cet effet, il faut établir une distinction en fonction de l'orientation.

Il y a lieu d'illustrer des situations pour l'ombrage d'horizon et pour une construction en porte-à-faux. En cas d'application de la méthode simplifiée, il est possible de ne pas prendre en considération les influences latérales de l'ombrage. L'angle d'ombrage pour un ombrage latéral est pris égal à 0° pour l'évaluation simplifiée de l'ombrage dans le calcul.

En cas d'ombrage d'horizon, l'angle d'ombrage moyen doit être déterminé en milieu de la façade.

Une construction en porte-à-faux, tels que des balcons et autres éléments en encorbellement, ne peut être représentée de manière simplifiée que si elle est présente régulièrement dans une façade. Dans la méthode simplifiée, un ombrage lié à une construction en porte-à-faux doit être pris en considération lorsqu'une partie importante de la façade (> 50%) présente une construction régulière en porte-à-faux. L'angle d'ombrage doit être déterminé pour une situation caractéristique et représentative et il sert d'angle de classification pour l'ensemble de la façade.

Les angles d'ombrage correspondants sont attribués dans le calcul à toutes les fenêtres de chaque orientation. Ils doivent être pris en considération dans les bilans thermiques et dans le calcul du besoin en électricité pour l'éclairage. Pour le bilan énergétique, la valeur de calcul correspondante pour la classe d'ombrage doit être utilisée.

| Angle d'ombrage d'horizon                             |          |           |           |        |
|---|----------|-----------|-----------|--------|
| Classe d'ombrage                                      | Aucune   | Réduite   | Moyenne   | Élevée |
| Champ angulaire pour toutes les orientations          | 0° - 5°  | 5° - 15°  | 15° - 30° | > 30°  |
| Valeur de calcul pour toutes les orientations         | 2,5°     | 10°       | 22,5°     | 35°    |
| Angle d'ombrage pour une construction en porte-à-faux |          |           |           |        |
| Classe d'ombrage                                      | Aucune   | Réduite   | Moyenne   | Élevée |
| Champ angulaire pour toutes les orientations          | 0° - 15° | 15° - 35° | 35° - 50° | > 50°  |
| Valeur de calcul pour toutes les orientations         | 7,5°     | 25°       | 42,5°     | 55°    |

Tableau 34 - Valeurs de calcul pour l'angle d'ombrage d'horizon et une construction en porte-à-faux

Pour des surfaces de fenêtre détaillées au niveau des zones, l'angle d'ombrage peut également être précisé.

#### 6.20.5 Autres méthodes simplifiées pour le corps du bâtiment

Les méthodes simplifiées suivantes sont également autorisées pour le calcul:

- Les flux thermiques par transmission de zones refroidies vers des zones non refroidies ne doivent pas être pris en considération.
- En cas de ventilation mécanique avec un surflux d'air entre des zones, le renouvellement d'air de la zone qui bénéficie de l'amenée d'air par surflux d'une autre zone doit être pris égal à 0 lorsque le débit volumétrique d'air extérieur minimal conformément à la norme DIN V 18599-10 est ainsi couvert. Si le débit volumétrique d'air extérieur minimal n'est pas couvert par l'amenée d'air provenant du surflux de zones adjacentes, la quantité manquante doit être évaluée comme une ventilation supplémentaire par ouverture des fenêtres  $n_{win}$  conformément à la norme DIN V 18599-2.
- Dans le cas d'une construction adjacente non conditionnée et entièrement vitrée, le rayonnement solaire dans le volume conditionné du bâtiment doit être calculé suivant une méthode simplifiée en ce sens que la valeur  $g$  de la surface de fenêtre entre la zone conditionnée et la construction vitrée soit modifiée de manière à prendre en considération les propriétés optiques du vitrage de la construction.

$$g_{\perp, \text{res}} = g_{\perp} \cdot F_{F, \text{ue}} \cdot \tau_{\text{eu}, e}$$

$$g_{\text{tot}, \text{res}} = g_{\text{tot}} \cdot F_{F, \text{ue}} \cdot \tau_{\text{eu}, e}$$

où :

|                              |   |   |
|------------------------------|---|---|
| $g_{\perp, \text{res}}$      | - | est le facteur de transmission énergétique total résultant pour une incidence verticale du rayonnement en tenant compte des caractéristiques optiques de la surface extérieure des fenêtres     |
| $g_{\text{tot}, \text{res}}$ | - | est le facteur de transmission énergétique total résultant, y compris le dispositif de protection solaire, en tenant compte des caractéristiques optiques de la surface extérieure des fenêtres |
| $F_{F, \text{ue}}$           | - | est le coefficient de perte pour le cadre du vitrage extérieur, valeur standard: $F_{F, \text{ue}} = 0,9$   |
| $\tau_{\text{eu}, e}$        | - | est le facteur de transmission du vitrage extérieur. Valeurs standard visées au tableau 1 de l'annexe III.  |

Le calcul simplifié de la transmission aux zones non conditionnées (locaux ou constructions adjacentes) peut être réalisé à l'aide du coefficient de correction de la température  $F_x$  ou des températures mensuelles moyennes des zones conformément au chapitre 6.20.3.

## 6.21 Méthodes de calcul simplifiées des installations techniques

En vue d'établir le certificat et le calcul de performance énergétique d'un bâtiment fonctionnel sur base du calcul du besoin énergétique, les méthodes de calcul simplifiées mentionnées ci-après peuvent être appliquées aux installations techniques.

Si des valeurs standard sont disponibles dans la DIN V 18599, elles sont à utiliser (par ex. un compteur de chaleur à pression différentielle).

### 6.21.1 Chauffage - Accumulation

Lorsqu'il existe un accumulateur de chauffage, la condition générale suivante est appliquée:

- présence d'une pompe de circulation pour l'accumulateur-tampon.

### 6.21.2 Chauffage - Distribution

Les valeurs standard suivantes peuvent être utilisées dans la mesure où les données pour le calcul sont requises. Elles représentent un standard de construction neuve et s'orientent d'après les exigences minimales visées au chapitre 1:

- type de la distribution principale: système de chauffage à bitube traditionnel;
- conduites et tuyaux de raccordement: à l'intérieur;
- présence d'une pompe de circulation dans la distribution;
- type de fonctionnement lorsque le chauffage du local et au moins une zone sont raccordés avec un régime réduit, puis régime réduit, sinon régime d'arrêt (le type de fonctionnement doit correspondre au réglage des zones. Si un régime réduit est sélectionné au niveau des zones, cela vaut également pour les installations techniques.);
- régulation de la température de la chaudière en fonction de la température extérieure;
- contenance en eau du générateur:  $>0,15 \text{ l/kW}$ ;
- équilibrage hydraulique du réseau de conduites;
- pompe de l'installation de chauffage dimensionnée selon les besoins;
- pompe non connue : Puissance calculée à partir de  $p_{\text{hyd}}$ , où  $b = 1,0$ ;
- actionneur thermique/mécanique.

Besoin en énergie auxiliaire de la distribution de chaleur

Afin de simplifier le calcul du besoin en énergie auxiliaire de la distribution de chaleur, il faut sélectionner le type de régulation de la pompe:

- pression variable;
- pression constante.

Cette sélection est effectuée séparément pour les dispositifs suivants:

- distribution pour le traitement d'air;
- distribution pour le bâtiment.

Elle se réfère à toutes les pompes de toutes les zones.

#### Déperditions de chaleur des conduites de distribution

Pour les conduites de distribution de la chaleur, le standard d'isolation conformément au tableau 35 est à sélectionner. Les valeurs U indiquées sont valables pour les conduites de distribution, les conduites verticales principales et les tuyaux de raccordement d'un circuit de distribution.

|   | Tous les types de conduites |
|---|-----------------------------|
| Exigences minimales (Isolation simple)  | 0,20 W/(mK)                 |
| Exigences améliorées (Isolation double) | 0,14 W/(mK)                 |

Tableau 35 - Standard d'isolation des conduites de distribution

Les températures d'entrée et de retour à utiliser dans le calcul peuvent être déterminées suivant une méthode simplifiée à partir du système de transmission sélectionné. Il faut utiliser les températures suivantes pour chaque système de transmission:

| Systèmes de transmission/systèmes de chauffage                      | Températures de départ/retour en °C |
|---|-------------------------------------|
| Surfaces chauffantes libres (60/40)                                 | 60/40 °C                            |
| Surfaces chauffantes libres (50/40)                                 | 50/40 °C                            |
| Surfaces chauffantes libres (45/38)                                 | 45/38 °C                            |
| Chauffage par le sol (35/28)  | 35/28 °C                            |
| Chauffage par le sol (30/25)  | 30/25 °C                            |
| Chauffage de surfaces (activation au cœur du béton/chauffage mural) | 30/25 °C                            |
| Chauffage à air   | 60/40 °C                            |
| Plafonds rayonnants (60/40)   | 60/40 °C                            |
| Plafonds rayonnants (50/40)   | 50/40 °C                            |
| Circuits de traitement d'air (60/40)                                | 60/40 °C                            |
| Circuits de traitement d'air (50/40)                                | 50/40 °C                            |

Tableau 36 - Températures standard de différents systèmes de transmission

Longueurs des conduites : Les longueurs des conduites du circuit de distribution du bâtiment sont obtenues à partir des dimensions du bâtiment conformément au principe du calcul des longueurs des conduites du circuit de distribution pour l'eau chaude sanitaire au chapitre 6.21.3. Les longueurs ainsi obtenues sont divisées par le nombre de circuits de distribution pour le chauffage des locaux. Le nombre de circuits de distribution résulte du nombre des différents systèmes de transmission de chaleur pour le chauffage.

#### 6.21.3 Distribution d'eau chaude sanitaire

Pour le calcul simplifié des déperditions de chaleur des conduites de distribution d'eau chaude sanitaire, il est possible d'utiliser les méthodes simplifiées suivantes:

##### Valeurs standard

Les valeurs standard représentent une construction neuve et s'orientent d'après les exigences minimales visées au chapitre 1:

- conduites verticales principales: à l'intérieur;
- présence d'une pompe de circulation;

- régulation: régulée;
- pompe de circulation dimensionnée selon les besoins.

#### Déperditions de chaleur des conduites de distribution

Isolation standard des conduites de distribution : Le standard d'isolation doit être choisi conformément au tableau 35. Les valeurs U indiquées sont valables pour les conduites de distribution, les conduites verticales principales et les tuyaux de raccordement d'un circuit de distribution.

Longueurs des conduites : les longueurs des conduites du circuit de distribution du bâtiment sont obtenues à partir des dimensions du bâtiment conformément à la norme DIN V 18599-8. Par dérogation à la norme DIN V 18599-8 la caractérisation des réseaux est définie dans le tableau 37 sur base des catégories du tableau 9 de la DIN V 18599-8 par catégories de bâtiment définies au chapitre 2.5 et le type du réseau de distribution est toujours de type I suivant la DIN 18599-8 tableau A-2.

| catégories de bâtiment                     | caractérisation des réseaux de distribution par catégories de bâtiment |                                   |
|--|--|-----------------------------------|
|  | réseaux de chauffage   | réseaux de l'eau chaude sanitaire |
| a) bâtiments de bureaux                    | 1  | 2                                 |
| b) jardins d'enfants et garderies          | 1  | 1                                 |
| c) écoles supérieures et universités       | 2  | 3                                 |
| d) hôpitaux                                | 2  | 2                                 |
| e) centres de soins et maisons de retraite | 1  | 1                                 |
| f) pensions                                | 1  | 1                                 |
| g) hôtels                                  | 1  | 1                                 |
| h) restaurants                             | 3  | 2                                 |
| i) centres de manifestations               | 2  | 3                                 |
| j) salles de sport                         | 4  | 4                                 |
| k) piscines                                | 4  | 4                                 |
| l) établissements commerciaux              | 3  | 2                                 |
| m) autres bâtiments conditionnés           | 1  | 2                                 |

Tableau 37 - Caractérisation des réseaux pour le calcul du réseau de distribution par catégories de bâtiment

Les longueurs et les largeurs caractéristiques sont également déterminées à partir du type de bâtiment selon la procédure simplifiée.

À cet effet, la somme des surfaces de plancher nettes connectées est calculée pour chaque cercle de distribution et conformément aux formules de la norme DIN V 18599-1 chapitre 8.2.4 « simplifications » ; il en résulte la longueur et la largeur caractéristiques :

$$L_{char} = \sqrt{\frac{A_{NFG}}{n_G \cdot f_{geo}}}$$

où :

|            |           |   |
|------------|-----------|---|
| $L_{char}$ | kWh/(m²d) | longueur caractéristique du bâtiment selon formule 38 de la DIN V 18599-1 chapitre 8.2.4                                |
| $A_{NFG}$  | m²        | surface de référence énergétique  |
| $n_G$      | -         | nombre d'étages conditionnés du bâtiment  |
| $f_{geo}$  | -         | facteur géométrique pour la détermination des dimensions caractéristiques conformément au tableau 9 de la DIN V 18599-1 |

$$B_{char} = L_{char} \cdot f_{B/L}$$

où :

|            |           |   |
|------------|-----------|---|
| $B_{char}$ | kWh/(m²d) | largeur caractéristique du bâtiment selon formule 39 de la DIN V 18599-1 chapitre 8.2.4 |
|------------|-----------|---|

$f_{B/L}$ 

facteur géométrique pour la détermination des dimensions caractéristiques conformément au tableau 9 de la DIN V 18599-1

#### 6.21.4 Énergie auxiliaire, distribution d'eau de refroidissement et d'eau froide

Pour le calcul simplifié de l'énergie auxiliaire pour la distribution d'eau de refroidissement et d'eau froide, il est possible d'utiliser des valeurs standard respectivement les valeurs d'entrée découlant de la définition d'autres paramètres de l'installation. Il faut indiquer l'un des modes de fonctionnement des pompes suivants:

- arrêt saisonnier, nocturne et le week-end: les pompes sont activées ou désactivées par des systèmes externes (par exemple: commande temporisée);
- régime en fonction des besoins totalement automatisé: activation de pompe en tenant compte des exigences en matière de refroidissement actuelles, par exemple: à travers une procédure de réglage ou une automatisation du bâtiment.

Le choix de ce type de fonctionnement par pompe est effectué une fois pour chaque unité de production de froid et concerne toutes les pompes du circuit de distribution (circuit de refroidissement du bâtiment, circuit de refroidissement pour le traitement d'air, circuit primaire, refroidissement en circuit de refroidissement du condenseur) de cette unité.

Les valeurs standard à utiliser pour le calcul simplifié sont définies dans le tableau 38. Les valeurs sont des valeurs caractéristiques de constructions neuves:

|   | Circuit de refroidissement du bâtiment | Circuit de refroidissement pour le traitement d'air | Circuit primaire              | Circuit de refroidissement du condenseur |
|---|--|---|-------------------------------|--|
| <b>Pompe</b>  |  |   |                               |  |
| Puissance des pompes  | Connue                                 | Connue  | Connue                        | Connue                                   |
| Régulation des pompes   | Réglée                                 | Réglée  | Réglée                        | Réglée                                   |
| Adaptation  | Adaptée électroniquement               | Adaptée électroniquement                            | Adaptée électroniquement      | Adaptée électroniquement                 |
| Fonctionnement intermittent   | Non                                    | Non   | Non                           | Non                                      |
| <b>Perte de charge dans le circuit de distribution</b>                      |  |   |                               |  |
| Échange de chaleur, générateur  | Aucun                                  | Aucun   | Évaporateur à plaques         | Condenseur                               |
| Échange de chaleur, consommateur  | En fonction du système de transmission | Refroidisseur d'air central                         | -                             | -  |
| Échange   | Eau/eau <sup>1</sup>                   | -   | -                             | -  |
| Tour de refroidissement   | -                                      | -   | -                             | Fermée                                   |
| Clapets anti-retour   | Aucun                                  | Aucun   | Aucun                         | Aucun                                    |
| Vannes de régulation  | Vanne à trois voies diviseuse          | Vanne de réglage permanente                         | Vanne à trois voies diviseuse | Aucune                                   |
| Autorité de la vanne  | 0,4                                    | 0,4   | 0,4                           | 0,4                                      |
| Part de résistances singulières   | 0,3                                    | 0,3   | 0,5                           | 0,5                                      |
| Chute de pression kPa/m   | 0,25                                   | 0,25  | 0,15                          | 0,15                                     |
| Longueur max. distribution m  | $l_{max,c}$                            | 80  | 30                            | 80                                       |
| Distance jusqu'à la transmission m  | 0                                      | 40  | 15                            | 40                                       |
| <b>Structure du circuit de distribution</b>                                 |  |   |                               |  |
| Présence d'un surflux   | Oui                                    | Oui   | Non                           | Non                                      |
| Taux de surflux   | 3%                                     | 3%  | -                             | -  |
| Équilibrage hydraulique du réseau   | Oui                                    | Oui   | Oui                           | Oui                                      |
| Circuit de distribution (la pompe fait partie d'une installation)           | Non                                    | Non   | Non                           | Non                                      |
| Découplage hydraulique du circuit primaire                                  | Oui                                    | Oui   | Oui                           | Non                                      |
| Utilisation de vannes/soupapes de déviation dans le circuit de consommation | Oui                                    | Non   | Oui                           | Non                                      |



|   |     |     |     |        |
|---|-----|-----|-----|--------|
| Adaptation du débit volumétrique au moyen d'une activation parallèle des pompes   | Non | Non | Non | Non    |
| Frigoporteur  | Eau | Eau | Eau | Glycol |
| 1) en cas de système de transmission, plafonds froids ou activation d'éléments de construction; dans le cas contraire: aucune |     |     |     |        |

Tableau 38 - Valeurs standard pour la détermination simplifiée du besoin en énergie auxiliaire pour la distribution d'eau de refroidissement et froide

La longueur maximale de la distribution du froid  $l_{max,c}$  est calculée à l'aide de l'équation suivante:

$$l_{max,c} = l_{geb} \frac{A_c}{A_n}$$

où :

|             |                |  |
|-------------|----------------|--|
| $l_{max,c}$ | m              | est la longueur de la distribution du froid (circuit du bâtiment)  |
| $l_{geb}$   | m              | est la longueur totale de la distribution du froid calculée d'après les dimensions du bâtiment conformément à la norme DIN V 18599 |
| $A_c$       | m <sup>2</sup> | est la somme des surfaces des zones refroidies par le circuit du bâtiment  |
| $A_n$       | m <sup>2</sup> | est la surface de référence énergétique  |

Les longueurs ainsi obtenues  $l_{max,c}$  sont divisées par le nombre de circuits de distribution du bâtiment. Le nombre de circuits de distribution est obtenu d'après le nombre de systèmes de transmission, c'est-à-dire qu'un circuit de distribution du bâtiment est supposé exister pour chaque système de transmission. Les systèmes de transmission se distinguent selon les températures d'eau froide conformément à la norme DIN V 18599.

Uniquement la dépense en énergie auxiliaire des circuits de distribution réellement existants est prise en compte. Le nombre de circuits de refroidissement du bâtiment et de circuits de refroidissement pour le traitement d'air est obtenu selon la méthode décrite ci-dessus. Un circuit primaire est pris en considération dans tous les cas, car les hypothèses standard, telles les pertes de pression de l'évaporateur, sont attribuées au circuit primaire.

Le circuit de refroidissement du condenseur est pris en considération en présence d'une machine frigorifique à compression refroidie à eau dotée d'un système de refroidissement du condenseur. Dans le cas d'une machine frigorifique à compression refroidie à air, la dépense en électricité du refroidissement du condenseur est déjà prise en compte dans le coefficient de performance frigorifique nominal et il ne faut prendre en compte aucun circuit de refroidissement du condenseur.

## 6.22 Calcul de la valeur spécifique d'émissions totales de CO<sub>2</sub>

Les émissions totales de CO<sub>2</sub> des systèmes techniques sont calculées de manière similaire au besoin correspondant en énergie primaire conformément aux chapitres 6.10 à 6.17 à la différence près que, dans les équations, au lieu du facteur d'énergie primaire  $f_{p,x}$  il faut utiliser le facteur environnemental  $f_{CO_2,x}$  de chaque source d'énergie correspondante conformément au tableau 45. La valeur spécifique d'émissions totales de CO<sub>2</sub> est la somme des valeurs spécifiques d'émissions de CO<sub>2</sub> de tous les systèmes techniques.

$$q_{CO_2} = q_{h,CO_2} + q_{ww,CO_2} + q_{l,CO_2} + q_{v,CO_2} + q_{e,CO_2} + q_{m,CO_2} + q_{aux,CO_2} - q_{ren,CO_2}$$

où :

|               |                                       |  |
|---------------|---------------------------------------|--|
| $q_{CO_2}$    | kgCO <sub>2</sub> /(m <sup>2</sup> a) | est la valeur spécifique d'émissions totales de CO <sub>2</sub> du bâtiment  |
| $q_{h,CO_2}$  | kgCO <sub>2</sub> /(m <sup>2</sup> a) | est la valeur spécifique d'émissions de CO <sub>2</sub> pour le chauffage conformément au chapitre 6.10 en tenant compte du facteur environnemental $f_{CO_2,x}$ au lieu du facteur d'énergie primaire $f_{p,x}$           |
| $q_{ww,CO_2}$ | kgCO <sub>2</sub> /(m <sup>2</sup> a) | est la valeur spécifique d'émissions de CO <sub>2</sub> pour l'eau chaude sanitaire conformément au chapitre 6.11 en tenant compte du facteur environnemental $f_{CO_2,x}$ au lieu du facteur d'énergie primaire $f_{p,x}$ |
| $q_{l,CO_2}$  | kgCO <sub>2</sub> /(m <sup>2</sup> a) | est la valeur spécifique d'émissions de CO <sub>2</sub> pour l'éclairage conformément au chapitre 6.15 en tenant compte du facteur environnemental $f_{CO_2,x}$ au lieu du facteur d'énergie primaire $f_{p,x}$            |
| $q_{v,CO_2}$  | kgCO <sub>2</sub> /(m <sup>2</sup> a) | est la valeur spécifique d'émissions de CO <sub>2</sub> pour la ventilation conformément au chapitre 6.16 en tenant compte du facteur environnemental $f_{CO_2,x}$ au lieu du facteur d'énergie primaire $f_{p,x}$         |

|                |                 |   |
|----------------|-----------------|---|
| $q_{c,CO_2}$   | $kgCO_2/(m^2a)$ | est la valeur spécifique d'émissions de $CO_2$ pour le froid conformément au chapitre 6.14 en tenant compte du facteur environnemental $f_{CO_2,x}$ au lieu du facteur d'énergie primaire $f_{p,x}$   |
| $q_{m,CO_2}$   | $kgCO_2/(m^2a)$ | est la valeur spécifique d'émissions de $CO_2$ pour l'humidification par la vapeur conformément au chapitre 6.13 en tenant compte du facteur environnemental $f_{CO_2,x}$ au lieu du facteur d'énergie primaire $f_{p,x}$   |
| $q_{aux,CO_2}$ | $kgCO_2/(m^2a)$ | est la valeur spécifique d'émissions de $CO_2$ pour l'énergie auxiliaire conformément au chapitre 6.17 en tenant compte du facteur environnemental $f_{CO_2,x}$ au lieu du facteur d'énergie primaire $f_{p,x}$   |
| $q_{ren,CO_2}$ | $kgCO_2/(m^2a)$ | est l'économie spécifique d'émissions de $CO_2$ pour l'énergie électrique autoconsommée d'une installation de production d'électricité renouvelable ou d'une cogénération conformément au chapitre 6.18.10.3 en tenant compte du facteur environnemental $f_{CO_2,x}$ au lieu du facteur d'énergie primaire $f_{p,x}$ |
| $f_{CO_2,x}$   | -               | est le facteur environnemental de la source d'énergie x conformément au chapitre 8.2  |

## 7 DÉTERMINATION DES VALEURS SPÉCIFIQUES DE CONSOMMATION CHALEUR ET ÉLECTRICITÉ DE BÂTIMENTS FONCTIONNELS EXISTANTS

Afin de calculer la consommation du bâtiment sur base des consommations mesurées, il est possible d'utiliser les méthodes simplifiées conformément aux chapitres suivants. Lors de l'établissement des certificats de performance énergétique, les valeurs spécifiques de référence visées au chapitre 7.1 sont utilisées pour un bâtiment existant et pour un bâtiment neuf après quatre ans comme base de comparaison avec les besoins calculés conformément au chapitre 6. Pour obtenir les valeurs spécifiques de référence et les valeurs spécifiques de consommation, la surface de référence énergétique visée au chapitre 6.2 est utilisée.

### 7.1 Détermination des valeurs spécifiques de référence chaleur et électricité

La consommation énergétique des bâtiments fonctionnels dépend dans une large mesure de leur utilisation et du type de conditionnement. C'est la raison pour laquelle, en vue d'évaluer la performance énergétique, il s'avère nécessaire de comparer les valeurs spécifiques de consommation aux valeurs spécifiques de référence appropriées. Les valeurs spécifiques de référence chaleur  $e_{Ref,w}$  et électricité  $e_{Ref,s}$  se basent sur les besoins calculés au chapitre 6 et résultent de la somme des valeurs spécifiques de référence des systèmes techniques suivants:

$$e_{Ref,w} = 1,47 \cdot \left( \frac{Q_{f,brenn}}{A_n} \right)^{-0,118}$$

$$e_{Ref,s} = Q_{f,s} + e_{Ref,fac} + e_{Ref,ds} + e_{Ref,cs}$$

où :

|               |           |  |
|---------------|-----------|--|
| $e_{Ref,w}$   | kWh/(m²a) | est la valeur spécifique de référence de consommation d'énergie finale pour la chaleur, sauf l'électricité                                 |
| $e_{Ref,s}$   | kWh/(m²a) | est la valeur spécifique de référence de consommation en électricité   |
| $Q_{f,brenn}$ | kWh/(m²a) | est le besoin en énergie finale sauf électricité chaleur pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et l'humidification selon le chapitre 6 |
| $Q_{f,s}$     | kWh/(m²a) | est le besoin en énergie finale électrique du bâtiment conformément au chapitre 6  |
| $e_{Ref,fac}$ | kWh/(m²a) | est la valeur spécifique de référence des équipements de travail (facility) conformément au chapitre 7.2                                   |
| $e_{Ref,ds}$  | kWh/(m²a) | est la valeur spécifique de référence des services divers selon le chapitre 7.3  |
| $e_{Ref,cs}$  | kWh/(m²a) | est la valeur spécifique de référence des services centraux (central services) selon le chapitre 7.4                                       |

Lors de la détermination des valeurs spécifiques de référence, uniquement les systèmes qui sont présents dans le bâtiment à évaluer sont à prendre en compte. Les valeurs spécifiques partielles de dépense d'énergie se rapportant aux zones, indiquées dans le tableau 39, constituent entre autres la base de la détermination des valeurs spécifiques de référence.

|    | Utilisation standard   | Utilisation principale | Équip. de travail en kWh/(m²a) |    | Utilisation standard                             | Utilisation principale | Équip. de travail en kWh/(m²a) |
|----|--|------------------------|--------------------------------|----|--|------------------------|--------------------------------|
| 1  | Bureaux individuels et groupés                               | x                      | 23                             | 19 | Surface de circulation                           |                        | 0                              |
| 2  | Grand espace de bureaux (à partir de sept places de travail) | x                      | 29                             | 20 | Surface de circulation sans lumière naturelle    |                        | 0                              |
| 3  | Conférence/salle de réunion/séminaire                        | x                      | 3                              | 21 | Entrepôt   |                        | 0                              |
| 4  | Salles de guichets/réception                                 | x                      | 14                             | 22 | Entrepôt avec tâches de lecture                  |                        | 0                              |
| 5  | Commerce de détail/magasin (sans produit frais)              | x                      | 11                             | 23 | Local de serveurs dans des centres informatiques | x                      | 1.314                          |
| 6  | Commerce de détail/magasin (avec des produits frais)         | x                      | 36                             | 24 | Atelier  | x                      | 79                             |
| 7  | Salles de classe (écoles)                                    | x                      | 6                              | 25 | Salle de spectacle                               | x                      | 0                              |
| 8  | Salles de conférence, auditorium                             | x                      | 5                              | 26 | Théâtre - Foyer                                  | x                      | 0                              |
| 9  | Chambres d'hôpitaux / de maisons de retraite                 | x                      | 13                             | 27 | Scène  | x                      | 0                              |
| 10 | Chambre d'hôtel  | x                      | 24                             | 28 | Foire/congrès                                    | x                      | 3                              |
| 11 | Cantine (salle à manger)                                     | x                      | 4                              | 29 | Salles d'exposition et musée                     | x                      | 0                              |
| 12 | Restaurant (salle à manger)                                  | x                      | 6                              | 30 | Bibliothèque - Salle de lecture                  | x                      | 0                              |

|    |   |   |     |    |   |   |    |
|----|---|---|-----|----|---|---|----|
| 13 | Cuisines industrielles (cuisine avec électricité) | x | 720 | 31 | Bibliothèque - Zone d'échange           | x | 0  |
| 14 | Cuisines industrielles (cuisine à gaz)            | x | 420 | 32 | Bibliothèque - Magasin et dépôt         | x | 0  |
| 15 | Cuisines industrielles - préparation, stockage    | x | 72  | 33 | Salle de sport                          | x | 0  |
| 16 | WC et sanitaires                                  |   | 0   | 34 | Parking/garages sous-sols (usage privé) |   | 0  |
| 17 | Autres salles de séjour                           |   | 3   | 35 | Parking/garages sous-sols (public)      |   | 0  |
| 18 | Surfaces annexes sans locaux de séjour            |   | 0   | 36 | Habitation                              | x | 30 |

Tableau 39 - Valeurs spécifiques partielles de dépense d'énergie se rapportant aux zones pour les équipements de travail

Pour les utilisations qui ne correspondent pas directement à une utilisation standard conformément au tableau 39, il faut utiliser soit une utilisation similaire soit l'utilisation standard n° 17 « Autres salles de séjour ».

## 7.2 Valeur spécifique de référence équipements de travail

La valeur spécifique de référence équipements de travail comprend la consommation énergétique des équipements de travail nécessaires dans le cadre de l'utilisation du bâtiment. Dans le cas de bureaux, il s'agirait par exemple des ordinateurs, des écrans, des télécopieurs et des imprimantes. La valeur spécifique de référence équipements de travail est calculée comme suit:

$$e_{Ref,fac} = \frac{\sum_i (q_{TK,fac,i} \cdot A_{Z,i})}{A_n}$$

où :

$q_{TK,fac,i}$  kWh/(m²a) est la valeur spécifique partielle de dépense d'énergie des équipements de travail pour l'utilisation standard de la zone i conformément au tableau 39

## 7.3 Valeur spécifique de référence services divers

La valeur spécifique de référence services divers est calculée comme suit:

$$e_{Ref,ds} = q_{TK,elv} + q_{TK,oth}$$

où :

$q_{TK,elv}$  kWh/(m²a) est la valeur spécifique partielle de dépense d'énergie tenant compte de la consommation électrique des ascenseurs conformément au tableau 40

$q_{TK,oth}$  kWh/(m²a) est la valeur spécifique partielle de dépense d'énergie tenant compte de la consommation électrique d'autres consommateurs: installations à courant faible, pompes de chauffage, cuisines des employés, machines à café et réfrigérateurs, etc., conformément au tableau 40

|              |     |                                     |
|--------------|-----|-------------------------------------|
| $q_{TK,elv}$ | 2,0 | kWh/(m² <sub>A<sub>n</sub></sub> a) |
| $q_{TK,oth}$ | 6,5 | kWh/(m² <sub>A<sub>n</sub></sub> a) |

Tableau 40 - Valeurs spécifiques partielles de dépense d'énergie pour les services divers se rapportant à la surface de référence énergétique  $A_n$ 

La valeur spécifique de référence partielle ascenseurs  $q_{TK,elv}$  peut être prise en considération sous les conditions suivantes:

- dans un bâtiment avec plus de 3 étages complets et un ou plusieurs ascenseurs.

La valeur spécifique de référence partielle autres systèmes  $q_{TK,oth}$  peut toujours être prise en considération.

## 7.4 Valeur spécifique de référence services centraux

La valeur spécifique de référence services centraux comprend la consommation électrique des locaux centraux ou des armoires de serveurs. Elle est calculée comme suit:

$$e_{Ref,cs} = q_{TK,cedv}$$

où :

$q_{TK,cedv}$  kWh/(m<sup>2</sup>a) est la valeur spécifique partielle de dépense d'énergie pour des systèmes informatiques centralisés conformément au tableau 41

|  |    |   |
|--|----|---|
| Système informatique centralisé - aucun  | 0  | kWh/(m <sup>2</sup> <sub>A<sub>n</sub></sub> a) |
| Système informatique centralisé - faible | 2  | kWh/(m <sup>2</sup> <sub>A<sub>n</sub></sub> a) |
| Système informatique centralisé - moyen  | 7  | kWh/(m <sup>2</sup> <sub>A<sub>n</sub></sub> a) |
| Système informatique centralisé - élevé  | 28 | kWh/(m <sup>2</sup> <sub>A<sub>n</sub></sub> a) |

Tableau 41 - Valeurs spécifiques partielles de dépense d'énergie pour les systèmes informatiques centralisés  $q_{TK,cedv}$  se rapportant à la surface de référence énergétique  $A_n$

Pour la valeur spécifique partielle de dépense énergétique des systèmes informatiques centralisés  $q_{TK,cedv}$ , le choix de la classe est effectué selon les critères suivants:

- système informatique centralisé - aucun: il n'y a pas de réseau informatique ce qui signifie que les ordinateurs éventuellement existants sont utilisés comme des unités individuelles;
- système informatique centralisé - faible: il y a une unité de serveur dans le bâtiment par 1.000 m<sup>2</sup> de surface de référence énergétique. Pour un bâtiment d'une superficie de 4.000 m<sup>2</sup>, cela comprend par exemple les armoires de serveurs individuelles ou les petits locaux de serveurs;
- système informatique centralisé - moyen: jusqu'à quatre unités de serveurs dans le bâtiment par 1.000 m<sup>2</sup> de surface de référence énergétique;
- système informatique centralisé - élevé: plus que quatre unités de serveurs dans le bâtiment par 1.000 m<sup>2</sup> de surface de référence énergétique.

Par « unité de serveur » on comprend le serveur, y compris les périphériques correspondants tels que les commutateurs, le système d'alimentation de secours (« USV »), les supports de mémoire, etc. On admet une consommation d'électricité moyenne par unité de serveur de 500 W et une durée de marche de 8.760 heures par an.

Si une partie de la surface utile principale est attribuée à l'utilisation standard n° 23 « Local de serveurs dans des centres informatiques », il faut choisir « Système informatique centralisé - aucun » pour  $q_{TK,cedv}$ .

## 7.5 Valeurs spécifiques de référence pour des utilisations qui ne peuvent pas être représentées à l'aide des valeurs de référence partielles de dépense d'énergie

Certaines situations d'utilisation ne peuvent pas être représentées de façon judicieuse avec les valeurs spécifiques partielles de dépense d'énergie. Dans ce cas, il est possible d'utiliser les valeurs spécifiques de référence suivantes se rapportant au bâtiment.

| Catégorie du bâtiment   | $e_{Ref,w}$            | $e_{Ref,s}$            |
|---|------------------------|------------------------|
|   | kWh/(m <sup>2</sup> a) | kWh/(m <sup>2</sup> a) |
| Ateliers de construction, garages, sites de production agricoles ou forestiers (caractéristiques particulières: températures ambiantes réduites, renouvellement d'air élevé par des portes ouvrables) | 190                    | 40                     |
| Piscines couvertes (caractéristiques particulières: températures ambiantes élevées, besoin en eau chaude sanitaire élevé, déshumidification intensive)  | 755                    | 220                    |

Tableau 42 - Valeurs spécifiques de référence pour les catégories de bâtiment qui ne peuvent pas être représentées à l'aide des valeurs spécifiques partielles de dépense d'énergie

## 7.6 Valeur spécifique de consommation chaleur d'un bâtiment, $e_{vw}$

La valeur spécifique de consommation chaleur  $e_{vw}$  est la consommation énergétique annuelle en chaleur d'un bâtiment corrigée et rapportée à la surface de référence énergétique  $A_n$ . Par « consommation énergétique en chaleur » on entend la consommation énergétique finale en combustibles et/ou le chauffage urbain.

$$e_{vw} = \frac{E_{vw,b}}{A_n}$$

où :

$e_{vw}$  kWh/(m<sup>2</sup>a) est la valeur spécifique de consommation chaleur d'un bâtiment

|            |                |   |
|------------|----------------|---|
| $E_{Vw,b}$ | kWh/a          | est la consommation énergétique finale annuelle de chaleur d'un bâtiment, corrigée selon les conditions météorologiques |
| $A_n$      | m <sup>2</sup> | est la surface de référence énergétique conformément au chapitre 6.2  |

La consommation énergétique finale annuelle de chaleur corrigée est déterminée en plusieurs étapes:

1. La consommation énergétique finale de chaleur mesurée  $E_{Vg}$  est déterminée. Si nécessaire, la consommation des consommateurs spécifiques est soustraite conformément au chapitre 7.6.1.
2. Si nécessaire, les données de consommation qui font défaut sont complétées conformément au chapitre 7.9.
3. Si nécessaire, une correction tenant compte des surfaces inoccupées est réalisée conformément au chapitre 7.6.2.
4. Si nécessaire, une correction de temps est réalisée conformément au chapitre 7.6.3.
5. Il faut procéder à une correction climatique conformément au chapitre 7.6.4.

### 7.6.1 Consommation énergétique finale calculée de chaleur d'un bâtiment, $E_{Vg}$

La consommation énergétique finale calculée de chaleur comprend la consommation énergétique finale en combustibles ainsi que le chauffage urbain. Selon la technique du bâtiment à évaluer, la consommation énergétique finale de chaleur peut comprendre les systèmes techniques suivants: chauffage, préparation d'eau chaude sanitaire, refroidissement (installation frigorifique à sorption, système de refroidissement urbain), humidification et déshumidification (génération de vapeur, post-chauffage).

En outre, la consommation énergétique finale mesurée peut comprendre des parts de consommation significatives de consommateurs spécifiques qui ne sont pas pris en considération lors de la détermination des valeurs spécifiques de référence conformément au chapitre 7.1. Ces consommateurs spécifiques peuvent être les suivants:

- chaleur de procédé (process);
- chauffage de rampe;
- chaleur fournie à d'autres bâtiments, etc.

Si la consommation de chaleur de consommateurs spécifiques est mesurée, elle doit être soustraite de la consommation totale de chaleur mesurée du bâtiment.

Si la consommation de chaleur de consommateurs spécifiques ne peut pas être déterminée, ceux-ci doivent être indiqués et mentionnés expressément dans le certificat de performance énergétique sous la mention « Autres consommateurs d'énergie ».

La consommation énergétique finale de chaleur mesurée d'un bâtiment  $E_{Vg}$  est déterminée comme suit:

$$E_{Vg} = \sum_j (B_{Vg,j} \cdot H_{i,j}) - E_{Vg,sond}$$

où :

|               |                |  |
|---------------|----------------|--|
| $E_{Vg}$      | kWh            | est la consommation énergétique finale de chaleur mesurée (combustibles et chauffage urbain) d'un bâtiment   |
| $B_{Vg,j}$    | unité          | est la consommation de combustibles se rapportant au pouvoir calorifique inférieur de la source d'énergie utilisée j (combustibles et chauffage urbain) dans l'unité de quantité correspondante pour le bâtiment, rapportée au pouvoir calorifique inférieur |
| $H_{i,j}$     | kWh/unité      | est le pouvoir calorifique inférieur en kWh par unité de quantité de la source d'énergie j, conformément au tableau 46   |
| $E_{Vg,sond}$ | kWh            | est la consommation énergétique finale mesurée (combustibles et chauffage urbain) de consommateurs spécifiques   |
| J             | m <sup>2</sup> | est l'indice courant des sources d'énergie   |

Si les données relatives à la consommation pour chaque source d'énergie par rapport au pouvoir calorifique supérieur  $H_s$  sont disponibles, celui-ci doit être converti avec le facteur suivant en pouvoir calorifique inférieur  $H_i$ .

$$B_{Vg} = \frac{B_{VHs}}{f_{Hs / Hi}}$$

où :

|             |                |  |
|-------------|----------------|--|
| $B_{VHs}$   | kWh            | est la consommation de combustibles se rapportant au pouvoir calorifique supérieur   |
| $f_{Hs/Hi}$ | m <sup>2</sup> | est le facteur de conversion du pouvoir calorifique supérieur en pouvoir calorifique inférieur pour les différentes sources d'énergie conformément au tableau 46 |

Les quantités d'énergie qui sont introduites de l'extérieur des limites du système d'un bâtiment doivent être intégrées dans le bilan. En outre, les quantités énergétiques qui sont produites et utilisées dans les limites du système d'un bâtiment sont évaluées. À cette fin, la quantité qui est mise à la disposition de tiers (par exemple: fourniture de chaleur) n'est pas prise en compte dans le bilan (voir ci-dessus: consommateurs spécifiques  $E_{Vg,sond}$ ).

En cas d'injection d'électricité provenant d'une production combinée de chaleur et d'électricité dans le réseau public, la quantité de consommation de combustibles pour l'électricité réinjectée n'est pas imputée à la consommation du bâtiment. Pour une centrale de production combinée de chaleur et d'électricité, il est possible d'utiliser une valeur forfaitaire de 1,15 kWh de combustibles par kWh de courant produit en suivant une méthode simplifiée. La détermination est effectuée pour la période de calcul concrète sur laquelle se base également la correction climatique.

Si, pour un bâtiment, le froid (par exemple: eau froide à des fins de refroidissement) provient de sources externes, cette consommation énergétique finale mesurée doit être prise en compte dans la consommation énergétique finale de chaleur. Une correction climatique n'est pas réalisée pour cette quantité de consommation mais celle-ci est imputée à la consommation énergétique finale indépendante des conditions météorologiques pour chaleur diverse  $E_{Vww}$  conformément au chapitre 7.6.3.

### 7.6.2 Correction tenant compte des surfaces inoccupées

Lors de la détermination de la consommation énergétique finale mesurée de chaleur, une correction tenant compte des surfaces inoccupées peut être réalisée sous les conditions mentionnées ci-après selon la méthode simplifiée décrite dans le présent point. Afin de quantifier l'étendue de la surface inoccupée, un facteur de surfaces inoccupées du bâtiment est calculé selon la formule suivante.

$$f_{leer} = \frac{\sum_i (A_{leer,i} \cdot d_{leer,i})}{A_n \cdot d_{gesamt}}$$

où :

|              |                |  |
|--------------|----------------|--|
| $f_{leer}$   | m <sup>2</sup> | est le facteur de surfaces inoccupées                                      |
| $A_{leer,i}$ | m <sup>2</sup> | est la surface partielle inoccupée $i$                                     |
| $d_{leer,i}$ | jours          | est la durée d'inoccupation de la surface partielle $i$                    |
| $d_{gesamt}$ | jours          | est la période de calcul basée sur les données relatives à la consommation |

Par exemple, un facteur de surfaces inoccupées de  $f_{leer} = 10\%$  signifie que 10% de la surface de référence énergétique du bâtiment sont inoccupés pendant la période considérée ou que l'ensemble du bâtiment est inoccupé pendant 10% de la période considérée.

Pour la correction tenant compte des surfaces inoccupées de la consommation énergétique finale de chaleur, il faut prendre en considération lors de la détermination des durées d'inoccupation  $d_{leer,i}$  et de la durée globale  $d_{gesamt}$  uniquement les mois de la période de chauffage. De manière simplifiée, il est possible de prendre la période d'octobre à avril comme période de chauffage.

La consommation énergétique finale de chaleur mesurée, corrigée en tenant compte des surfaces inoccupées, est calculée comme suit.

$$E_{Vg} = E_{Vg,leer} \cdot (1 + 0,5 \cdot f_{leer})$$

où :

|               |     |  |
|---------------|-----|--|
| $E_{vg,leer}$ | kWh | est la consommation énergétique finale mesurée de chaleur en présence d'une surface inoccupée dans le bâtiment |
|---------------|-----|--|

Le facteur 0,5 tient compte du fait que les surfaces inoccupées d'un bâtiment sont chauffées dans une certaine mesure par les locaux environnants.

Il est possible de procéder à une correction des surfaces inoccupées lorsque le facteur de surfaces inoccupées  $f_{leer}$ , rapporté aux trois années utilisées pour la détermination de la consommation conformément au chapitre 5.1.4, remplit les conditions suivantes :

- $f_{leer} \leq 10\%$ : il est possible de procéder à une correction des surfaces inoccupées, elle n'est cependant pas obligatoire;
- $10\% < f_{leer} \leq 50\%$ : une correction des surfaces inoccupées est requise et doit être réalisée;
- $f_{leer} > 50\%$ : une correction des surfaces inoccupées ne peut pas être réalisée. Les données de consommation mesurées ne sont pas appropriées pour une évaluation de la performance énergétique du bâtiment pour la chaleur.

### 7.6.3 Correction temporelle

La consommation énergétique finale de chaleur d'un bâtiment doit être indiquée pour une période d'un an, c'est-à-dire pour 365 jours consécutifs. Lorsque les périodes de calcul/mesure sont différentes de la période susmentionnée, il faut procéder à une correction du temps de la consommation énergétique finale mesurée, c'est-à-dire la convertir en une consommation énergétique finale annuelle.

Une correction temporelle est réalisée séparément pour la part de la consommation énergétique finale mesurée tributaire des conditions météorologiques et pour celle qui ne l'est pas. La part de la consommation énergétique finale mesurée, tributaire des conditions météorologiques, pour la chaleur de chauffage  $E_{vh}$  est obtenue d'après la formule suivante:

$$E_{vh} = E_{vg} - E_{vww}$$

où :

|           |     |  |
|-----------|-----|--|
| $E_{vh}$  | kWh | est la part (chaleur de chauffage) de la consommation énergétique finale mesurée de chaleur, tributaire des conditions météorologiques   |
| $E_{vg}$  | kWh | est la consommation énergétique finale chaleur mesurée d'un bâtiment conformément au chapitre 7.6.1 en tenant compte du chapitre 7.6.2   |
| $E_{vww}$ | kWh | est la consommation énergétique finale indépendante des conditions météorologiques pour toute autre chaleur (eau chaude sanitaire, production de froid, chaleur de procédés, etc.) |

La consommation énergétique finale indépendante des conditions météorologiques pour toute autre chaleur  $E_{vww}$  est obtenue comme suit:

- à partir de valeurs de mesure ou de valeurs de calcul selon les règles de la technique reconnues;
- avec la valeur forfaitaire de 5% de la consommation énergétique finale annuelle pour le chauffage et pour toute autre chaleur d'un bâtiment à défaut de données plus précises. Par dérogation, pour les bâtiments dont la consommation de chaleur est dominée par la part de consommation d'eau chaude sanitaire (par exemple: piscines couvertes, hôpitaux ou cuisines), il est possible d'adopter une valeur forfaitaire de 50%. Si seules certaines parties d'un bâtiment présentent des utilisations avec une consommation d'eau chaude sanitaire particulièrement élevée, il faut déterminer une valeur moyenne pondérée du bâtiment en fonction des surfaces de la valeur forfaitaire;
- à partir d'un relevé mensuel de la consommation de chaleur pendant les mois d'été: juin, juillet et août. Généralement, pendant cette période, très peu de chaleur est utilisée pour le chauffage.

Il faut procéder à une correction du temps des consommations **indépendantes** des conditions météorologiques pour la chaleur à l'aide de la formule suivante:

$$E_{vww,a} = E_{vww} \cdot \frac{365}{d_{gesamt}}$$



où :

|              |       |   |
|--------------|-------|---|
| $E_{Vww,a}$  | kWh/a | est la consommation énergétique finale indépendante des conditions météorologiques pour toute autre chaleur (eau chaude sanitaire, chaleur industrielle, etc.) pour l'année a |
| $d_{gesamt}$ | jours | est la période de calcul basée sur les données relatives à la consommation  |

Pour la part de la consommation de chaleur **tributaire** des conditions météorologiques, il est possible de réaliser de manière simplifiée une extrapolation conformément à la clé de répartition de la consommation mensuelle visée au tableau 43.

$$E_{Vh,a} = \frac{E_{Vh}}{\sum_i f_{Monat,i}}$$

où :

|                  |       |   |
|------------------|-------|---|
| i                | -     | est l'indice courant pour les mois pour lesquels des données relatives à la consommation sont disponibles                                       |
| $E_{Vh,a}$       | kWh/a | est la part (chaleur de chauffage) annuelle de la consommation énergétique finale mesurée de chaleur, tributaire des conditions météorologiques |
| $f_{Monat}$      | %     | est le pourcentage de consommation mensuelle conformément au tableau 43   |
| $\sum f_{Monat}$ | %     | est la somme des pourcentages de consommation des mois i pour lesquels des données relatives à la consommation sont disponibles                 |

| Mois        | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|-------------|-------|------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| $f_{Monat}$ | 19%   | 15%  | 12%  | 8%   | 4%  | 0%   | 0%    | 0%   | 3%    | 8%   | 13%  | 18%  |

Tableau 43 - Clé de répartition pour le pourcentage de consommation mensuelle pour la chaleur de chauffage

La correction de temps peut au maximum être de 2 mois par an pour la part de consommation de chaleur, tributaire des conditions météorologiques. Si la correction de temps est réalisée pour une période totale de trois ans, nécessaire pour déterminer la consommation conformément au chapitre 5.1.4, la correction peut être de 6 mois maximum.

Si des corrections de temps sont réalisées pour des périodes de moins d'un mois, il faut multiplier les pourcentages mentionnés dans le tableau 43 par la part du nombre de jours de la période considérée sur les jours du mois correspondant.

#### 7.6.4 Correction climatique

Lors de la détermination de la consommation énergétique finale de chaleur, corrigée selon les conditions météorologiques, seule la consommation énergétique finale pour la chaleur de chauffage  $E_{Vh,a}$  d'un bâtiment est corrigée selon les conditions météorologiques. La consommation de toute autre chaleur  $E_{Vww,a}$  ne fait l'objet d'aucune correction climatique.

La correction climatique de la part annuelle de la consommation énergétique finale mesurée (chaleur de chauffage), tributaire des conditions météorologiques  $E_{Vh,a}$  est réalisée à l'aide de la formule suivante:

$$E_{Vh,b} = E_{Vh,a} \cdot f_{Klima}$$

où :

|             |       |   |
|-------------|-------|---|
| $E_{Vh,b}$  | kWh/a | est la consommation énergétique finale annuelle corrigée selon les conditions météorologiques pour la chaleur de chauffage                      |
| $E_{Vh,a}$  | kWh/a | est la part (chaleur de chauffage) annuelle de la consommation énergétique finale mesurée de chaleur, tributaire des conditions météorologiques |
| $f_{Klima}$ | m²    | est le facteur de correction climatique annuelle pour la chaleur de chauffage   |

Les facteurs climatiques  $f_{Klima}$  nécessaires à la correction climatique sont publiés par le ministre.

La consommation énergétique finale de chaleur, corrigée selon les conditions météorologiques, est obtenue comme suit:

$$E_{Vw,b} = E_{Vh,b} + E_{Vww,a}$$

où :

|            |       |   |
|------------|-------|---|
| $E_{Vw,b}$ | kWh/a | est la consommation énergétique finale annuelle de chaleur d'un bâtiment, corrigée selon les conditions météorologiques |
|------------|-------|---|

## 7.7 Détermination de la valeur spécifique de consommation électricité d'un bâtiment, $e_{Vs}$

Par valeur spécifique de consommation électricité  $e_{Vs}$  d'un bâtiment on entend la consommation électrique annuelle d'un bâtiment corrigée et se rapportant à la surface de référence énergétique  $A_n$ . La consommation énergétique en électricité comprend également une éventuelle consommation électrique pour le chauffage électrique ou la préparation électrique d'eau chaude sanitaire.

$$e_{Vs} = \frac{E_{Vs,b}}{A_n}$$

où :

|            |                        |  |
|------------|------------------------|--|
| $e_{Vs}$   | kWh/(m <sup>2</sup> a) | est la valeur spécifique de consommation électricité d'un bâtiment   |
| $E_{Vs,b}$ | kWh/a                  | est la consommation électrique annuelle corrigée du bâtiment         |
| $A_n$      | m <sup>2</sup>         | est la surface de référence énergétique conformément au chapitre 6.2 |

La consommation électrique annuelle corrigée est déterminée en plusieurs étapes:

1. La consommation électrique mesurée  $E_{Vs,m}$  doit être déterminée et, si nécessaire, la consommation des consommateurs spécifiques doit être soustraite conformément au chapitre 7.7.1.
2. Si nécessaire, les données de consommation qui font défaut sont complétées conformément au chapitre 7.9.
3. Si nécessaire, une correction tenant compte des surfaces inoccupées est réalisée conformément au chapitre 7.7.2.
4. Si nécessaire, une correction temporelle est réalisée conformément au chapitre 7.7.3.

Une correction climatique n'est pas réalisée pour la consommation électrique car il n'existe pas encore de procédures facilement applicables. Cela ne s'applique pas lorsque la consommation électrique mesurée du bâtiment est utilisée principalement à des fins de chauffage ou lorsque la consommation électrique utilisée à des fins de chauffage est mesurée séparément. Dans ce cas, il faut procéder à une correction climatique, une correction tenant compte des surfaces inoccupées et une correction du temps pour cette quantité de consommation conformément aux chapitres 7.6.2 à 7.6.4.

### 7.7.1 Consommation électrique mesurée d'un bâtiment, $E_{Vs,m}$

La consommation énergétique finale à prendre en considération lors de la détermination de la valeur spécifique de consommation électricité correspond dans la plupart des cas à la consommation électrique mesurée de l'ensemble du bâtiment. Elle peut se composer des systèmes techniques pris en considération dans le bilan énergétique visé au chapitre 2.1: chauffage, eau chaude sanitaire, éclairage, ventilation, refroidissement, humidification par la vapeur et énergie auxiliaire. En outre, elle peut comprendre des parts pour:

- les équipements de travail;
- les services divers (par exemple: ascenseurs, escaliers mécaniques, dispositifs auxiliaires); et
- les services centraux (par exemple: installations informatiques centrales, centrales téléphoniques), etc.

Ces systèmes sont pris en considération lors de la détermination des valeurs spécifiques de référence. La consommation électrique mesurée peut également comprendre des parts de consommation significatives qui ne sont pas prises en considération lors de la détermination des valeurs spécifiques de référence conformément au chapitre 7.1. Ces consommateurs spécifiques peuvent être les suivants:

- énergie de procédés (process) industriels;
- éclairage extérieur;

- installation à air comprimé;
- chauffage de rampe, etc.

Si la consommation électrique de consommateurs spécifiques est mesurée, elle doit être soustraite de la consommation totale électrique mesurée du bâtiment.

Si la consommation électrique de consommateurs spécifiques ne peut pas être déterminée, ceux-ci doivent être indiqués et mentionnés expressément dans le certificat de performance énergétique sous la mention « Autres consommateurs d'énergie ».

La consommation électrique mesurée d'un bâtiment  $E_{Vs,m}$  est déterminée comme suit:

$$E_{Vs,m} = E_{Vs,m,ges} - E_{Vs,m,sond}$$

où :

|                 |     |  |
|-----------------|-----|--|
| $E_{Vs,m}$      | kWh | est la consommation électrique mesurée du bâtiment   |
| $E_{Vs,m,ges}$  | kWh | est la consommation électrique totale mesurée du bâtiment, y compris les consommateurs spécifiques |
| $E_{Vs,m,sond}$ | kWh | est la consommation électrique mesurée des consommateurs spécifiques                               |

### 7.7.2 Correction tenant compte des surfaces inoccupées

Lors de la détermination de la consommation énergétique finale d'électricité mesurée, une correction tenant compte des surfaces inoccupées peut être réalisée sous les conditions mentionnées ci-après selon la méthode simplifiée décrite dans le présent point.

Afin de quantifier l'étendue de la surface inoccupée, un facteur de surfaces inoccupées du bâtiment  $f_{leer}$  est calculé conformément au chapitre 7.6.2. Contrairement à la correction tenant compte des surfaces inoccupées concernant la consommation de chaleur, il faut prendre en compte des durées d'inoccupation pour tous les mois de l'année pour la consommation électrique.

La consommation électrique corrigée tenant compte des surfaces inoccupées est calculée comme suit.

$$E_{Vs,m} = E_{Vs,m,leer} \cdot (1 + f_{leer})$$

où :

|                 |     |   |
|-----------------|-----|---|
| $E_{Vs,m,leer}$ | kWh | est la consommation électrique mesurée en présence d'une surface inoccupée dans le bâtiment |
|-----------------|-----|---|

Il est possible de procéder à une correction tenant compte des surfaces inoccupées lorsque le facteur de surfaces inoccupées  $f_{leer}$ , rapporté aux trois années utilisées pour la détermination de la consommation électrique conformément au chapitre 5.1.4, remplit les conditions suivantes:

- $f_{leer} \leq 5\%$ : il est possible de procéder à une correction tenant compte des surfaces inoccupées, elle n'est cependant pas obligatoire;
- $5\% < f_{leer} \leq 34\%$ : une correction tenant compte des surfaces inoccupées est requise et doit être réalisée;
- $f_{leer} > 34\%$ : une correction des surfaces inoccupées ne peut pas être réalisée. Les données de consommation mesurées ne sont pas appropriées pour une évaluation de la performance énergétique du bâtiment pour l'électricité.

### 7.7.3 Correction de temps

La consommation électrique en vue de déterminer la valeur spécifique de consommation électricité doit être indiquée pour une période d'un an, c'est-à-dire pour 365 jours consécutifs. Si la période de calcul/mesure est différente de la période susmentionnée, il faut procéder à une correction du temps de la consommation électrique mesurée, c'est-à-dire la convertir en une consommation électrique annuelle (365 jours). La correction du temps est effectuée de manière simplifiée à l'aide de la formule suivante:

$$E_{Vs,b} = E_{Vs,m} \cdot \frac{365}{d_{gesamt}}$$

où :

|              |       |  |
|--------------|-------|--|
| $E_{Vs,b}$   | kWh/a | est la consommation électrique annuelle corrigée du bâtiment               |
| $d_{gesamt}$ | jours | est la période de calcul basée sur les données relatives à la consommation |

Afin de réduire au minimum l'impact du résultat dû à la correction du temps, il faut réaliser la correction du temps sur une période la plus longue possible. En particulier, pour les trois valeurs spécifiques de consommation électricité  $e_{Vs}$ , il faut réaliser la correction du temps sur la période totale de trois ans. Il n'y a donc qu'une seule correction du temps au début respectivement à la fin de la période de temps totale.

Une correction du temps sur une période de  $n$  années est effectuée lorsque la consommation énergétique mesurée est relevée pour chaque période de mesure et qu'elle est multipliée par le rapport du nombre de jours en  $n$  années sur la totalité du nombre de jours de la période de mesure:

$$E_{Vs,b,n} = \sum_i E_{Vs,m,i} \cdot \frac{n \cdot 365}{\sum_i d_{gesamt,i}}$$

où :

|              |        |  |
|--------------|--------|--|
| $E_{Vs,b,n}$ | kWh    | est la consommation électrique mesurée du bâtiment corrigée pour la période de $n$ années    |
| $N$          | nombre | est le nombre d'années sur lesquelles la consommation électrique mesurée est corrigée        |
| $i$          | -      | est l'indice courant pour les périodes de mesure/calcul relevées pour la correction du temps |

En vue de déterminer les valeurs spécifiques de consommation électricité, la consommation électrique corrigée  $E_{Vs,b,n}$  doit encore être divisée par les  $n$  consommations annuelles  $E_{Vs,b}$ .

Si les périodes de mesure ne fournissent aucun critère pertinent, la division peut être réalisée de manière simplifiée comme suit:

$$E_{Vs,b} = \frac{E_{Vs,b,n}}{n}$$

Afin de limiter l'impact des valeurs spécifiques de consommation dû à la correction du temps, celle-ci peut comprendre 3 mois par an au maximum. Si la correction du temps est réalisée pour une période totale de trois ans, nécessaire pour déterminer la consommation électricité conformément au chapitre 5.1.4, la correction peut être alors de 9 mois maximum.

## 7.8 Sources des données de consommation

En vue de déterminer la consommation énergétique finale annuelle de chaleur, il faut utiliser les données de consommation qui ont été déterminées dans le cadre du relevé de la consommation de chaleur, dans le cadre du calcul des frais de chauffage d'un bâtiment ou sur la base d'autres données de consommation appropriées (par exemple: calcul du fournisseur d'énergie).

En vue de déterminer la consommation énergétique finale annuelle d'électricité, il faut utiliser les données de consommation qui ont été déterminées dans le cadre du calcul des frais d'électricité ou sur la base du relevé de la consommation électrique d'un bâtiment.

## 7.9 Complément de données manquantes de consommation

Lorsque les données de consommation d'un bâtiment ne sont pas complètes, elles peuvent être calculées sur la base des mesures de consommation disponibles sous certaines conditions. Dans ce contexte, il faut distinguer deux cas:

- Des données concernant la consommation font défaut pour l'ensemble du bâtiment : dans ce cas, les données qui font défaut peuvent être complétées dans le cadre de la correction du temps conformément aux chapitres 7.6.3 et 7.7.3.

- Des données concernant la consommation font défaut pour des parties du bâtiment : ce type de lacunes peut se produire, par exemple, lorsque les locataires règlent directement les frais de chaleur ou d'électricité auprès du fournisseur en énergie et que, dans la période de consommation, il y a eu un changement de locataire ou en cas de perte des factures de consommation. Dans ce cas, il est possible d'appliquer la procédure décrite ci-après en vue de compléter les données faisant défaut.

Afin de pouvoir calculer des données manquantes pour des parties du bâtiment, il faut disposer de suffisamment de données relatives à la consommation d'autres parties du bâtiment (unités de location) présentant une utilisation similaire à la partie pour laquelle les données font défaut. En outre, les données de consommation disponibles doivent comprendre les mêmes systèmes techniques (par exemple: éclairage et équipements de travail) que les données manquantes. La somme des consommations indiquées sur ces factures de consommation similaires et disponibles est désignée par  $E_x$ .

La détermination de la consommation énergétique finale pour la chaleur et l'électricité, complétée par les données manquantes, est réalisée comme suit:

$$E_{(Vg/Vs,m)} = E_{(Vg/Vs,m),teil} + \frac{E_x}{1 - f_{fehl,x}} \cdot f_{fehl,x}$$

où :

|                      |                |  |
|----------------------|----------------|--|
| $E_{(Vg/Vs,m)}$      | kWh            | est la consommation énergétique finale mesurée de chaleur (combustibles et chauffage urbain) ou d'électricité d'un bâtiment  |
| $E_{(Vg/Vs,m),teil}$ | kWh            | est la consommation énergétique finale mesurée de chaleur (combustibles et chauffage urbain) ou d'électricité d'un bâtiment avec les parts de consommation manquantes comprises  |
| $E_x$                | kWh            | est la somme des données relatives à la consommation provenant d'autres parties du bâtiment présentant une utilisation similaire et des systèmes x identiques ( $E_x$ , elle représente un sous-ensemble de $E_{(Vg/Vs,m),teil}$ ) |
| $f_{fehl,x}$         | m <sup>2</sup> | est le facteur de manque de données: il définit l'étendue des données qui font défaut pour les systèmes x  |

Le facteur de manque de données  $f_{fehl}$  pour les systèmes x se calcule comme suit:

$$f_{fehl,x} = \frac{\sum_j (A_{n,fehl,x,j} \cdot d_{fehl,x,j})}{A_{n,x} \cdot d_{gesamt}}$$

où :

|                  |                |  |
|------------------|----------------|--|
| $A_{n,fehl,x,j}$ | m <sup>2</sup> | est la surface partielle j de la surface de référence énergétique $A_n$ pour laquelle des données relatives à la consommation pour les systèmes techniques x font défaut |
| $d_{fehl,x,j}$   | jours          | est la période exprimée en jours pour laquelle des données relatives à la consommation pour la surface partielle j et les systèmes techniques x font défaut              |
| $A_{n,x}$        | m <sup>2</sup> | est la partie de la surface de référence énergétique pour laquelle le système technique x existe   |
| $d_{gesamt}$     | jours          | est la période de calcul basée sur les données relatives à la consommation   |

Si les données de consommation qui font défaut concernent principalement le système de chauffage, il faut prendre en considération uniquement les temps compris dans la période de chauffage lors de la détermination du facteur de manque de données pour  $d_{fehl,x}$  et  $d_{gesamt}$ . De manière simplifiée, il est possible de prendre la période d'octobre à avril comme période de chauffage.

Il est possible de compléter les données de consommation faisant défaut lorsque le facteur de manque de données  $f_{fehl,x}$ , rapporté aux trois années utilisées pour la détermination la consommation conformément au chapitre 5.1.4, remplit les conditions suivantes:

- $f_{fehl,x} \leq 5\%$ : il est possible de compléter les données, cependant aucune obligation n'existe;
- $5\% < f_{fehl,x} \leq 34\%$ : il est requis de compléter les données et ceci doit être réalisé;
- $f_{fehl,x} > 34\%$ : il n'est pas autorisé de compléter les données.

Lorsqu'il n'est pas possible de compléter les données de consommation en cas de données manquantes, soit parce que la consommation correspondante  $E_x$  du système x ne peut pas être déterminée sur base de la consommation mesurée, soit parce que le facteur de manque de données est  $f_{fehl,x} > 34\%$ , il n'est pas possible

d'évaluer la performance énergétique du bâtiment pour la chaleur ou l'électricité sur base de la consommation mesurée.

Il faut prendre toutes les mesures nécessaires afin de réunir à l'avenir des données de consommation complètes de manière à pouvoir établir dès que possible un certificat de performance énergétique accompagné de l'évaluation de la performance énergétique appropriée.

### **7.10 Utilisations spéciales dans des bâtiments fonctionnels**

Outre les utilisations indiquées dans le tableau 39, les bâtiments peuvent avoir des utilisations spéciales susceptibles d'avoir un impact considérable sur la consommation énergétique. Si la consommation énergétique de ces utilisations spéciales n'est pas comprise dans les valeurs spécifiques de référence visées au chapitre 7.1 et que leur consommation n'a pas été soustraite comme consommateur spécifique de la consommation totale mesurée (chapitres 7.6.1 et 7.7.1), ces utilisations spéciales doivent être indiquées et mentionnées expressément dans le certificat de performance énergétique d'un bâtiment sous la mention « Autres consommateurs d'énergie ». Par « utilisations spéciales » on entend entre autres:

- zone avec une partie commerciale qui requiert beaucoup d'énergie;
- zone avec des températures intérieures différentes en raison de processus de production;
- zone avec un besoin de ventilation élevé en raison de dispositions particulières ou de processus de production;
- zone avec des exigences élevées concernant la température du local (salles d'exposition, sites de production, zones sensibles du point de vue biologique et médical, chambres stériles dans des salles d'opération);
- zone avec des charges de chaleur élevées en raison de processus de fabrication;
- zone pour le stockage de produits frais (commerce de détail/magasin);
- atrium chauffé ou climatisé;
- zone avec des laboratoires;
- zone destinée à l'élevage d'animaux;
- zone destinée à la culture de plantes;
- zone destinée aux centrales téléphoniques.

## 8 TABLEAUX ET CARACTÉRISTIQUES

### 8.1 Facteurs d'énergie primaire, $f_{p,x}$

| Facteur d'énergie primaire $f_{p,x}$ rapporté à l'énergie finale (kWh <sub>p</sub> /kWh <sub>e</sub> ) <sup>10</sup> pour la source d'énergie x correspondante |   |      |
|--|---|------|
| Combustibles   | Fioul EL  | 1,10 |
|  | Gaz naturel H   | 1,12 |
|  | Gaz liquéfié  | 1,13 |
|  | Houille   | 1,08 |
|  | Lignite   | 1,21 |
|  | Combustible renouvelable                                      | 0,20 |
| Électricité  | Mix de l'électricité  | 1,50 |
| PCCE décentralisée   | avec du combustible renouvelable                              | 0,00 |
|  | avec du combustible fossile                                   | 1,14 |
| Chauffage à distance et chauffage de proximité   | par PCCE avec du combustible renouvelable                     | 0,00 |
|  | par PCCE avec du combustible fossile                          | 1,29 |
|  | d'installations de chauffage avec du combustible renouvelable | 0,61 |
|  | d'installations de chauffage avec du combustible fossile      | 1,41 |

Tableau 44 - Facteurs d'énergie primaire  $f_{p,x}$  pour la quantité non renouvelable

Considération de la chaleur fatale dans les réseaux de chauffage à distance et de proximité

Dans le cas d'un chauffage à distance et chauffage de proximité alimenté par une ou plusieurs installations de chauffage et par de la chaleur fatale, l'exploitant du réseau de chauffage urbain met à disposition un facteur d'énergie primaire pondéré  $f_{p,mix}$ . Ce facteur doit s'orienter aux conditions d'exploitation réelles et est calculé en utilisant la formule suivante:

$$f_{p,mix} = n_{inst.ch.foss} \cdot f_{p,inst.ch.foss} + n_{inst.ch.ren} \cdot f_{p,inst.ch.ren} + n_{ch.fatale} \cdot f_{p,ch.fatale}$$

avec:

$$n_{inst.ch.foss} + n_{inst.ch.ren} + n_{ch.fatale} = 1$$

où:

|                       |                                    |   |
|-----------------------|------------------------------------|---|
| $f_{p,mix}$           | kWh <sub>p</sub> /kWh <sub>e</sub> | est le facteur d'énergie primaire pondéré   |
| $f_{p,centr.th.foss}$ | kWh <sub>p</sub> /kWh <sub>e</sub> | est le facteur d'énergie primaire conformément au tableau 44, pour le système du chauffage à distance et chauffage de proximité d'installations de chauffage avec du combustible fossile  |
| $f_{p,centr.th.ren}$  | kWh <sub>p</sub> /kWh <sub>e</sub> | est le facteur d'énergie primaire conformément au tableau 44, pour le système du chauffage à distance et chauffage de proximité d'installations de chauffage avec du combustible renouvelable                                       |
| $f_{p,ch.fatale}$     | kWh <sub>p</sub> /kWh <sub>e</sub> | est le facteur d'énergie primaire de la chaleur fatale fixé à 0   |
| $n_{inst.ch.foss}$    | -                                  | est le taux de couverture de la production de chaleur par le système du chauffage à distance et chauffage de proximité d'installations de chauffage avec du combustible fossile, suivant les conditions d'exploitation réelles      |
| $n_{inst.ch.ren}$     | -                                  | est le taux de couverture de la production de chaleur par le système du chauffage à distance et chauffage de proximité d'installations de chauffage avec du combustible renouvelable, suivant les conditions d'exploitation réelles |
| $n_{ch.fatale}$       | -                                  | est le taux de couverture de la production de chaleur par la chaleur fatale, suivant les conditions d'exploitation réelles  |

La chaleur fatale est définie comme la quantité de chaleur issue d'un processus industriel, mise à disposition pour une utilisation concrète transmise via un réseau de chaleur à un bâtiment, et qui aurait autrement été rejetée dans l'environnement sans aucune utilisation.

<sup>10</sup> Pour le bois, le biogaz, l'huile de colza et les installations de chauffage avec une partie d'énergie renouvelable comme source d'énergie, cela correspond à la quantité non renouvelable.

La chaleur fatale ne provient pas d'installations destinées à la production d'électricité ou de chaleur. Les chaînes de conversion antérieures qui mènent à la production de la chaleur fatale ne sont pas évaluées.

Pour des nouveaux bâtiments fonctionnels et en cas de changement de la valeur du facteur d'énergie primaire par l'exploitant du réseau de chaleur, le facteur d'énergie primaire considéré à la date de la demande de l'autorisation de construire, peut également être pris en compte pour le calcul de la performance énergétique et le certificat de performance énergétique prévu à l'article 4, paragraphe 12.

## 8.2 Facteurs environnementaux, $f_{CO_2,x}$

**Facteur environnemental<sup>11</sup>  $f_{CO_2,x}$  rapporté à l'énergie finale (kgCO<sub>2</sub>/kWh<sub>e</sub>) pour la source d'énergie x correspondante**

|  |   |       |
|--|---|-------|
| Combustibles                                   | Fioul EL  | 0,300 |
|  | Gaz naturel H   | 0,246 |
|  | Gaz liquéfié  | 0,270 |
|  | Houille   | 0,439 |
|  | Lignite   | 0,452 |
|  | Combustible renouvelable                                      | 0,040 |
| Électricité                                    | Mix de l'électricité  | 0,367 |
| PCCE décentralisée                             | avec du combustible renouvelable                              | 0,000 |
|  | avec du combustible fossile                                   | 0,234 |
| Chauffage à distance et chauffage de proximité | par PCCE avec du combustible renouvelable                     | 0,000 |
|  | par PCCE avec du combustible fossile                          | 0,258 |
|  | d'installations de chauffage avec du combustible renouvelable | 0,131 |
|  | d'installations de chauffage avec du combustible fossile      | 0,309 |

Tableau 45 - Facteurs environnementaux  $f_{CO_2,x}$

Considération de la chaleur fatale dans les réseaux de chauffage à distance et de proximité

Dans le cas d'un chauffage à distance et chauffage de proximité alimenté par une ou plusieurs installations de chauffage et par de la chaleur fatale, l'exploitant du réseau de chauffage à distance met à disposition un facteur environnemental pondéré  $f_{CO_2,mix}$ . Ce facteur doit s'orienter aux conditions d'exploitation réelles et est calculé en utilisant la formule suivante:

$$f_{CO_2,mix} = n_{inst.ch.foss} \cdot f_{CO_2,inst.ch.foss} + n_{inst.ch.ren} \cdot f_{CO_2,inst.ch.ren} + n_{ch.fatale} \cdot f_{CO_2,ch.fatale}$$

avec :

$$n_{inst.ch.foss} + n_{inst.ch.ren} + n_{ch.fatale} = 1$$

où:

|                          |                                     |  |
|--------------------------|-------------------------------------|--|
| $f_{CO_2,mix}$           | kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub> | est le facteur environnemental pondéré   |
| $f_{CO_2,centr.th.foss}$ | kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub> | est le facteur environnemental conformément au tableau 45, pour le système du chauffage à distance et chauffage de proximité d'installations de chauffage avec du combustible fossile  |
| $f_{CO_2,centr.th.ren}$  | kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub> | est le facteur environnemental conformément au tableau 45, pour le système du chauffage à distance et chauffage de proximité d'installations de chauffage avec du combustible renouvelable   |
| $f_{CO_2,ch.fatale}$     | kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub> | est le facteur environnemental de la chaleur fatale fixé à 0   |
| $n_{inst.ch.foss}$       | -                                   | est le taux de couverture de la production de chaleur par le systèmes du chauffage à distance et chauffage de proximité d'installations de chauffage avec du combustible fossile, suivant les conditions d'exploitation réelles      |
| $n_{inst.ch.ren}$        | -                                   | est le taux de couverture de la production de chaleur par le systèmes du chauffage à distance et chauffage de proximité d'installations de chauffage avec du combustible renouvelable, suivant les conditions d'exploitation réelles |
| $n_{ch.fatale}$          | -                                   | est le taux de couverture de la production de chaleur par la chaleur fatale, suivant les conditions d'exploitation réelles   |

<sup>11</sup> Pour les facteurs environnementaux  $e_{CO_2}$ , il s'agit des équivalents CO<sub>2</sub>.



La chaleur fatale est définie comme la quantité de chaleur issue d'un processus industriel, mise à disposition pour une utilisation concrète transmise via un réseau de chaleur à un bâtiment, et qui aurait autrement été rejetée dans l'environnement sans aucune utilisation.

La chaleur fatale ne provient pas d'installations destinées à la production d'électricité ou de chaleur. Les chaînes de conversion antérieures qui mènent à la production de la chaleur fatale ne sont pas évaluées.

Pour des nouveaux bâtiments fonctionnels et en cas de changement de la valeur du facteur environnemental par l'exploitant du réseau de chaleur, le facteur environnemental considéré à la date de la demande de l'autorisation de construire, peut également être pris en compte pour le calcul de la performance énergétique et le certificat de performance énergétique prévu à l'article 4, paragraphe 12.

### 8.3 Teneur énergétique de différentes sources d'énergie et facteur de conversion du pouvoir calorifique supérieur en pouvoir calorifique inférieur, $f_{Hs/Hi}$

| Conversion d'une unité de consommation en (kWh/« unité ») |                   |   |   |                        |
|---|-------------------|---|---|------------------------|
| Source d'énergie  | Unité             | Teneur énergétique<br>Pouv. cal. sup. $H_s$ | Teneur énergétique<br>Pouv. cal. inf. $H_i$ | Facteur<br>$f_{Hs/Hi}$ |
| Fioul EL  | 1 litre           | 10,60 kWh/litre                             | 9,90 kWh/litre                              | 1,07                   |
| Gaz naturel H   | 1 Nm <sup>3</sup> | 11,33 kWh/m <sup>3</sup>                    | 10,20 kWh/m <sup>3</sup>                    | 1,11                   |
| Gaz liquéfié  | 1 kg              | 13,85 kWh/kg                                | 12,80 kWh/kg                                | 1,08                   |
| Houille   | 1 kg              | 8,98 kWh/kg                                 | 8,70 kWh/kg                                 | 1,03                   |
| Lignite   | 1 kg              | 5,89 kWh/kg                                 | 5,50 kWh/kg                                 | 1,07                   |
| Copeaux de bois   | 1 Sm <sup>3</sup> | 1 060 kWh/Sm <sup>3</sup>                   | 950 kWh/Sm <sup>3</sup>                     | 1,12                   |
| Bois de chauffage   | 1 rm              | 1 780 kWh/rm                                | 1 595 kWh/rm                                | 1,12                   |
| Pellets   | 1 kg              | 4,90 kWh/kg                                 | 4,50 kWh/kg                                 | 1,09                   |
| Biogaz  | 1 Nm <sup>3</sup> | 7,20 kWh/m <sup>3</sup>                     | 6,50 kWh/m <sup>3</sup>                     | 1,11                   |
| Huile de colza  | 1 litre           | 10,20 kWh/litre                             | 9,50 kWh/litre                              | 1,07                   |
| Chauffage urbain, courant, énergies renouvelables         | 1 kWh             | 1 kWh/kWh                                   | 1 kWh/kWh                                   | 1,00                   |

Tableau 46 - Teneur énergétique de différentes sources d'énergie

# **ANNEXE III**

**concernant des données générales**

Règlement grand-ducal concernant la  
performance énergétique des bâtiments

# SOMMAIRE

0 SYMBOLES ET UNITES..... 3

1 TABLEAUX..... 4

## 0 SYMBOLES ET UNITES

|                     |         |  |
|---------------------|---------|--|
| $\alpha_{e,B,corr}$ | -       | Facteur d'absorption de la protection solaire avec une correction par rapport à l'angle    |
| $g$                 | -       | Facteur de transmission énergétique du vitrage   |
| $g_{tot}$           | -       | Facteur de transmission énergétique totale en tenant compte de la protection solaire       |
| $U_g$               | W/(m²K) | Valeur U d'une vitre de fenêtre  |
| $\rho_{e,B,corr}$   | -       | Facteur de réflexion de la protection solaire avec une correction par rapport à l'angle    |
| $\rho_v$            | -       | Facteur de réflexion lumineuse du vitrage  |
| $\tau_e$            | -       | Facteur de transmission du vitrage   |
| $\tau_{e,B,corr}$   | -       | Facteur de transmission de la protection solaire avec une correction par rapport à l'angle |
| $\tau_v$            | -       | Facteur de transmission lumineuse du vitrage   |
| $\tau_{v,tot}$      | -       | Facteur de transmission lumineuse du vitrage en tenant compte de la protection solaire     |

## 1 TABLEAUX

| Type de verre         | Indices sans dispositif de protection solaire |      |                |                |                | Store extérieur (inclinaison de 0°) |                  | Store extérieur (inclinaison de 10°) |                  | Store extérieur (inclinaison de 45°) |                  | store banne vertical |                  | Volet roulant (fermé) |                  | Volet roulant (fermé à 3/4) |                  |
|-----------------------|---|------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|----------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------------|------------------|
|                       | U <sub>g</sub>                                | g    | τ <sub>v</sub> | ρ <sub>v</sub> | τ <sub>e</sub> | Blanc                               | Gris foncé       | Blanc                                | Gris foncé       | Blanc                                | Gris foncé       | Blanc                | Gris foncé       | Blanc                 | Gris foncé       | Blanc                       | Gris foncé       |
|                       |   |      |                |                |                | g <sub>tot</sub>                    | g <sub>tot</sub> | g <sub>tot</sub>                     | g <sub>tot</sub> | g <sub>tot</sub>                     | g <sub>tot</sub> | g <sub>tot</sub>     | g <sub>tot</sub> | g <sub>tot</sub>      | g <sub>tot</sub> | g <sub>tot</sub>            | g <sub>tot</sub> |
| WS 1S                 | 5,80  | 0,87 | 0,88           | 0,10           | 0,85           | 0,135                               | 0,220            | 0,160                                | 0,226            | 0,211                                | 0,238            | 0,227                | 0,312            | 0,135                 | 0,220            | 0,319                       | 0,382            |
| WS 2S                 | 2,90  | 0,78 | 0,84           | 0,12           | 0,73           | 0,116                               | 0,178            | 0,139                                | 0,183            | 0,184                                | 0,193            | 0,201                | 0,263            | 0,116                 | 0,178            | 0,282                       | 0,328            |
| WS 3S                 | 2,00  | 0,70 | 0,79           | 0,14           | 0,63           | 0,103                               | 0,153            | 0,123                                | 0,157            | 0,164                                | 0,166            | 0,180                | 0,230            | 0,103                 | 0,153            | 0,252                       | 0,289            |
| WS 2S                 | 1,70  | 0,72 | 0,77           | 0,15           | 0,60           | 0,101                               | 0,146            | 0,121                                | 0,150            | 0,162                                | 0,159            | 0,179                | 0,224            | 0,101                 | 0,146            | 0,256                       | 0,289            |
| WS 2S                 | 1,40  | 0,67 | 0,76           | 0,15           | 0,58           | 0,093                               | 0,133            | 0,112                                | 0,137            | 0,150                                | 0,144            | 0,167                | 0,206            | 0,093                 | 0,133            | 0,237                       | 0,267            |
| WS 2S                 | 1,10  | 0,64 | 0,76           | 0,15           | 0,58           | 0,086                               | 0,120            | 0,104                                | 0,123            | 0,140                                | 0,130            | 0,156                | 0,190            | 0,086                 | 0,120            | 0,225                       | 0,250            |
| WS 2S                 | 1,00  | 0,53 | 0,68           | 0,19           | 0,45           | 0,076                               | 0,106            | 0,091                                | 0,110            | 0,122                                | 0,116            | 0,136                | 0,167            | 0,076                 | 0,106            | 0,189                       | 0,212            |
| WS 3S                 | 0,80  | 0,60 | 0,72           | 0,17           | 0,50           | 0,078                               | 0,104            | 0,094                                | 0,107            | 0,127                                | 0,113            | 0,143                | 0,169            | 0,078                 | 0,104            | 0,209                       | 0,228            |
| WS 3S                 | 0,70  | 0,53 | 0,69           | 0,19           | 0,46           | 0,070                               | 0,093            | 0,085                                | 0,096            | 0,114                                | 0,102            | 0,128                | 0,152            | 0,070                 | 0,093            | 0,185                       | 0,202            |
| WS 3S                 | 0,60  | 0,50 | 0,64           | 0,21           | 0,39           | 0,065                               | 0,086            | 0,079                                | 0,088            | 0,107                                | 0,093            | 0,120                | 0,141            | 0,065                 | 0,086            | 0,174                       | 0,189            |
| WS 3S                 | 0,50  | 0,50 | 0,61           | 0,22           | 0,36           | 0,063                               | 0,080            | 0,077                                | 0,083            | 0,104                                | 0,088            | 0,117                | 0,135            | 0,063                 | 0,080            | 0,172                       | 0,185            |
| SS 2S                 | 1,30  | 0,48 | 0,68           | 0,19           | 0,44           | 0,076                               | 0,114            | 0,092                                | 0,117            | 0,122                                | 0,124            | 0,134                | 0,172            | 0,076                 | 0,114            | 0,177                       | 0,205            |
| SS 2S                 | 1,20  | 0,37 | 0,59           | 0,23           | 0,34           | 0,066                               | 0,101            | 0,079                                | 0,104            | 0,104                                | 0,110            | 0,114                | 0,149            | 0,066                 | 0,101            | 0,142                       | 0,168            |
| SS 2S                 | 1,20  | 0,25 | 0,44           | 0,30           | 0,21           | 0,056                               | 0,091            | 0,066                                | 0,094            | 0,088                                | 0,099            | 0,094                | 0,129            | 0,056                 | 0,091            | 0,104                       | 0,131            |
| SS 2S                 | 1,10  | 0,36 | 0,58           | 0,23           | 0,33           | 0,063                               | 0,096            | 0,076                                | 0,099            | 0,100                                | 0,105            | 0,110                | 0,143            | 0,063                 | 0,096            | 0,137                       | 0,162            |
| SS 2S                 | 1,10  | 0,27 | 0,48           | 0,28           | 0,24           | 0,056                               | 0,089            | 0,066                                | 0,091            | 0,088                                | 0,096            | 0,095                | 0,128            | 0,056                 | 0,089            | 0,109                       | 0,134            |
| SS 3S                 | 0,70  | 0,34 | 0,54           | 0,25           | 0,29           | 0,053                               | 0,076            | 0,064                                | 0,079            | 0,086                                | 0,083            | 0,095                | 0,118            | 0,053                 | 0,076            | 0,125                       | 0,142            |
| SS 3S                 | 0,70  | 0,24 | 0,44           | 0,30           | 0,21           | 0,044                               | 0,068            | 0,053                                | 0,069            | 0,071                                | 0,073            | 0,077                | 0,100            | 0,044                 | 0,068            | 0,093                       | 0,111            |
| SS 3S                 | 0,70  | 0,16 | 0,29           | 0,37           | 0,13           | 0,037                               | 0,060            | 0,044                                | 0,062            | 0,059                                | 0,066            | 0,063                | 0,086            | 0,037                 | 0,060            | 0,068                       | 0,085            |
| SS 3S                 | 0,60  | 0,34 | 0,54           | 0,25           | 0,29           | 0,051                               | 0,071            | 0,061                                | 0,073            | 0,082                                | 0,078            | 0,092                | 0,112            | 0,051                 | 0,071            | 0,123                       | 0,138            |
| SS 3S                 | 0,60  | 0,24 | 0,44           | 0,30           | 0,21           | 0,042                               | 0,062            | 0,050                                | 0,064            | 0,067                                | 0,068            | 0,074                | 0,094            | 0,042                 | 0,062            | 0,091                       | 0,107            |
| SS 3S                 | 0,60  | 0,16 | 0,29           | 0,37           | 0,13           | 0,035                               | 0,055            | 0,041                                | 0,057            | 0,055                                | 0,060            | 0,059                | 0,080            | 0,035                 | 0,055            | 0,066                       | 0,081            |
| SS 3S                 | 0,50  | 0,34 | 0,54           | 0,25           | 0,29           | 0,048                               | 0,066            | 0,059                                | 0,068            | 0,079                                | 0,072            | 0,088                | 0,106            | 0,048                 | 0,066            | 0,121                       | 0,134            |
| SS 3S                 | 0,50  | 0,24 | 0,44           | 0,30           | 0,21           | 0,039                               | 0,057            | 0,047                                | 0,058            | 0,063                                | 0,062            | 0,070                | 0,087            | 0,039                 | 0,057            | 0,089                       | 0,103            |
| SS 3S                 | 0,50  | 0,16 | 0,29           | 0,37           | 0,13           | 0,032                               | 0,049            | 0,038                                | 0,051            | 0,051                                | 0,054            | 0,055                | 0,073            | 0,032                 | 0,049            | 0,064                       | 0,077            |
| EC 2S                 | 1,10  | 0,41 | 0,61           | 0,22           | 0,36           | 0,200                               |                  |                                      |                  |                                      |                  |                      |                  |                       |                  |                             |                  |
| EC 3S                 | 0,70  | 0,36 | 0,56           | 0,24           | 0,31           | 0,170                               |                  |                                      |                  |                                      |                  |                      |                  |                       |                  |                             |                  |
| EC 3S                 | 0,60  | 0,36 | 0,56           | 0,24           | 0,31           | 0,170                               |                  |                                      |                  |                                      |                  |                      |                  |                       |                  |                             |                  |
| EC 3S                 | 0,50  | 0,36 | 0,56           | 0,24           | 0,31           | 0,170                               |                  |                                      |                  |                                      |                  |                      |                  |                       |                  |                             |                  |
| t <sub>e,B,corr</sub> |   |      |                |                |                | 0,100                               | 0,100            | 0,123                                | 0,103            | 0,170                                | 0,110            | 0,200                | 0,200            | 0,100                 | 0,100            | 0,113                       | 0,113            |
| ρ <sub>e,B,corr</sub> |   |      |                |                |                | 0,700                               | 0,300            | 0,658                                | 0,282            | 0,574                                | 0,246            | 0,600                | 0,200            | 0,700                 | 0,300            | 0,700                       | 0,400            |
| α <sub>e,B,corr</sub> |   |      |                |                |                | 0,200                               | 0,600            | 0,219                                | 0,615            | 0,256                                | 0,644            | 0,200                | 0,600            | 0,200                 | 0,600            | 0,188                       | 0,488            |

WS = vitrage de protection thermique, SS = vitrage de protection solaire, vitrage commutable EC (électrochrome), 1S = une vitre, 2S = deux vitres, 3S = trois vitres

Tableau 1 - Valeurs standard des indices des vitrages et des dispositifs de protection solaire extérieurs

| Type de verre         | Indices sans dispositif de protection solaire |      |                |                |                | Store intérieur (inclinaison de 0°) |                                | Store intérieur (inclinaison de 10°) |                                | Store intérieur (inclinaison de 45°) |                                | Rideau roulant en mat. textile aluminisée |                                | Film                      |
|-----------------------|---|------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|---------------------------|
|                       |   |      |                |                |                |                                     |                                |                                      |                                |                                      |                                |   |                                |                           |
|                       | U <sub>g</sub>                                | g    | τ <sub>v</sub> | ρ <sub>v</sub> | τ <sub>e</sub> | Blanc<br>g <sub>tot</sub>           | Gris foncé<br>g <sub>tot</sub> | Blanc<br>g <sub>tot</sub>            | Gris foncé<br>g <sub>tot</sub> | Blanc<br>g <sub>tot</sub>            | Gris foncé<br>g <sub>tot</sub> | Blanc<br>g <sub>tot</sub>                 | aluminisée<br>g <sub>tot</sub> | Blanc<br>g <sub>tot</sub> |
| WS 1S                 | 5,80  | 0,87 | 0,88           | 0,10           | 0,85           | 0,312                               | 0,558                          | 0,341                                | 0,570                          | 0,399                                | 0,593                          | 0,388                                     | 0,312                          | 0,312                     |
| WS 2S                 | 2,90  | 0,78 | 0,84           | 0,12           | 0,73           | 0,340                               | 0,556                          | 0,365                                | 0,566                          | 0,413                                | 0,586                          | 0,401                                     | 0,340                          | 0,340                     |
| WS 3S                 | 2,00  | 0,70 | 0,79           | 0,14           | 0,63           | 0,348                               | 0,527                          | 0,368                                | 0,535                          | 0,408                                | 0,551                          | 0,397                                     | 0,348                          | 0,348                     |
| WS 2S                 | 1,70  | 0,72 | 0,77           | 0,15           | 0,60           | 0,349                               | 0,541                          | 0,370                                | 0,550                          | 0,413                                | 0,568                          | 0,401                                     | 0,349                          | 0,349                     |
| WS 2S                 | 1,40  | 0,67 | 0,76           | 0,15           | 0,58           | 0,350                               | 0,517                          | 0,368                                | 0,525                          | 0,405                                | 0,540                          | 0,395                                     | 0,350                          | 0,350                     |
| WS 2S                 | 1,10  | 0,64 | 0,76           | 0,15           | 0,58           | 0,349                               | 0,504                          | 0,366                                | 0,511                          | 0,399                                | 0,525                          | 0,390                                     | 0,349                          | 0,349                     |
| WS 2S                 | 1,00  | 0,53 | 0,68           | 0,19           | 0,45           | 0,330                               | 0,435                          | 0,341                                | 0,440                          | 0,364                                | 0,450                          | 0,358                                     | 0,330                          | 0,330                     |
| WS 3S                 | 0,80  | 0,60 | 0,72           | 0,17           | 0,50           | 0,345                               | 0,483                          | 0,360                                | 0,489                          | 0,389                                | 0,501                          | 0,381                                     | 0,345                          | 0,345                     |
| WS 3S                 | 0,70  | 0,53 | 0,69           | 0,19           | 0,46           | 0,331                               | 0,438                          | 0,343                                | 0,443                          | 0,366                                | 0,453                          | 0,359                                     | 0,331                          | 0,331                     |
| WS 3S                 | 0,60  | 0,50 | 0,64           | 0,21           | 0,39           | 0,323                               | 0,419                          | 0,333                                | 0,423                          | 0,354                                | 0,432                          | 0,348                                     | 0,323                          | 0,323                     |
| WS 3S                 | 0,50  | 0,50 | 0,61           | 0,22           | 0,36           | 0,323                               | 0,420                          | 0,334                                | 0,424                          | 0,354                                | 0,433                          | 0,348                                     | 0,323                          | 0,323                     |
| SS 2S                 | 1,30  | 0,48 | 0,68           | 0,19           | 0,44           | 0,315                               | 0,399                          | 0,324                                | 0,403                          | 0,343                                | 0,410                          | 0,338                                     | 0,315                          | 0,315                     |
| SS 2S                 | 1,20  | 0,37 | 0,59           | 0,23           | 0,34           | 0,271                               | 0,320                          | 0,277                                | 0,323                          | 0,288                                | 0,327                          | 0,285                                     | 0,271                          | 0,271                     |
| SS 2S                 | 1,20  | 0,25 | 0,44           | 0,30           | 0,21           | 0,204                               | 0,225                          | 0,207                                | 0,226                          | 0,212                                | 0,228                          | 0,211                                     | 0,204                          | 0,204                     |
| SS 2S                 | 1,10  | 0,36 | 0,58           | 0,23           | 0,33           | 0,267                               | 0,313                          | 0,272                                | 0,316                          | 0,282                                | 0,320                          | 0,280                                     | 0,267                          | 0,267                     |
| SS 2S                 | 1,10  | 0,27 | 0,48           | 0,28           | 0,24           | 0,217                               | 0,242                          | 0,220                                | 0,244                          | 0,226                                | 0,246                          | 0,224                                     | 0,217                          | 0,217                     |
| SS 3S                 | 0,70  | 0,34 | 0,54           | 0,25           | 0,29           | 0,258                               | 0,301                          | 0,262                                | 0,303                          | 0,272                                | 0,307                          | 0,269                                     | 0,258                          | 0,258                     |
| SS 3S                 | 0,70  | 0,24 | 0,44           | 0,30           | 0,21           | 0,199                               | 0,219                          | 0,201                                | 0,220                          | 0,206                                | 0,222                          | 0,204                                     | 0,199                          | 0,199                     |
| SS 3S                 | 0,70  | 0,16 | 0,29           | 0,37           | 0,13           | 0,141                               | 0,150                          | 0,142                                | 0,151                          | 0,144                                | 0,151                          | 0,144                                     | 0,141                          | 0,141                     |
| SS 3S                 | 0,60  | 0,34 | 0,54           | 0,25           | 0,29           | 0,258                               | 0,301                          | 0,262                                | 0,303                          | 0,272                                | 0,307                          | 0,269                                     | 0,258                          | 0,258                     |
| SS 3S                 | 0,60  | 0,24 | 0,44           | 0,30           | 0,21           | 0,199                               | 0,220                          | 0,201                                | 0,221                          | 0,206                                | 0,223                          | 0,204                                     | 0,199                          | 0,199                     |
| SS 3S                 | 0,60  | 0,16 | 0,29           | 0,37           | 0,13           | 0,141                               | 0,150                          | 0,142                                | 0,151                          | 0,145                                | 0,152                          | 0,144                                     | 0,141                          | 0,141                     |
| SS 3S                 | 0,50  | 0,34 | 0,54           | 0,25           | 0,29           | 0,258                               | 0,302                          | 0,263                                | 0,304                          | 0,272                                | 0,308                          | 0,270                                     | 0,258                          | 0,258                     |
| SS 3S                 | 0,50  | 0,24 | 0,44           | 0,30           | 0,21           | 0,199                               | 0,220                          | 0,201                                | 0,221                          | 0,206                                | 0,223                          | 0,205                                     | 0,199                          | 0,199                     |
| SS 3S                 | 0,50  | 0,16 | 0,29           | 0,37           | 0,13           | 0,142                               | 0,151                          | 0,143                                | 0,151                          | 0,145                                | 0,152                          | 0,144                                     | 0,142                          | 0,142                     |
| EC 2S                 | 1,10  | 0,41 | 0,61           | 0,22           | 0,36           | 0,200                               |                                |                                      |                                |                                      |                                |   |                                |                           |
| EC 3S                 | 0,70  | 0,36 | 0,56           | 0,24           | 0,31           | 0,170                               |                                |                                      |                                |                                      |                                |   |                                |                           |
| EC 3S                 | 0,60  | 0,36 | 0,56           | 0,24           | 0,31           | 0,170                               |                                |                                      |                                |                                      |                                |   |                                |                           |
| EC 3S                 | 0,50  | 0,36 | 0,56           | 0,24           | 0,31           | 0,170                               |                                |                                      |                                |                                      |                                |   |                                |                           |
| t <sub>e,B,corr</sub> |   |      |                |                |                | 0,100                               | 0,100                          | 0,123                                | 0,103                          | 0,170                                | 0,110                          | 0,200                                     | 0,000                          | 0,100                     |
| ρ <sub>e,B,corr</sub> |   |      |                |                |                | 0,700                               | 0,300                          | 0,658                                | 0,282                          | 0,574                                | 0,246                          | 0,600                                     | 0,700                          | 0,700                     |
| α <sub>e,B,corr</sub> |   |      |                |                |                | 0,200                               | 0,600                          | 0,219                                | 0,615                          | 0,256                                | 0,644                          | 0,200                                     | 0,300                          | 0,200                     |

WS = vitrage de protection thermique, SS = vitrage de protection solaire, vitrage commutable EC (électrochrome),  
1S = une vitre, 2S = deux vitres, 3S = trois vitres

Tableau 2 - Valeurs standard des indices des vitrages et des dispositifs de protection solaire intérieurs

| Type de verre       | Indices sans dispositif de protection solaire |      |          |          |          | Store extérieur (Inclinaison de 0°) |                              | Store extérieur (Inclinaison de 10°) |                              | Store extérieur (Inclinaison de 45°) |                              | store banne vertical    |                              | Volet roulant (fermé)   |                              | Volet roulant (fermé à 3/4) |                              |
|---------------------|---|------|----------|----------|----------|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|                     |   |      |          |          |          |                                     |                              |                                      |                              |                                      |                              |                         |                              |                         |                              |                             |                              |
|                     | $U_g$   | $g$  | $\tau_v$ | $\rho_v$ | $\tau_o$ | Blanc<br>$\tau_{v,tot}$             | Gris foncé<br>$\tau_{v,tot}$ | Blanc<br>$\tau_{v,tot}$              | Gris foncé<br>$\tau_{v,tot}$ | Blanc<br>$\tau_{v,tot}$              | Gris foncé<br>$\tau_{v,tot}$ | Blanc<br>$\tau_{v,tot}$ | Gris foncé<br>$\tau_{v,tot}$ | Blanc<br>$\tau_{v,tot}$ | Gris foncé<br>$\tau_{v,tot}$ | Blanc<br>$\tau_{v,tot}$     | Gris foncé<br>$\tau_{v,tot}$ |
| WS 1S               | 5,80  | 0,87 | 0,88     | 0,10     | 0,85     | 0,095                               | 0,091                        | 0,117                                | 0,094                        | 0,159                                | 0,100                        | 0,188                   | 0,180                        | 0,095                   | 0,091                        | 0,107                       | 0,103                        |
| WS 2S               | 2,90  | 0,78 | 0,84     | 0,12     | 0,73     | 0,091                               | 0,087                        | 0,112                                | 0,089                        | 0,153                                | 0,095                        | 0,180                   | 0,171                        | 0,091                   | 0,087                        | 0,103                       | 0,099                        |
| WS 3S               | 2,00  | 0,70 | 0,79     | 0,14     | 0,63     | 0,088                               | 0,082                        | 0,107                                | 0,085                        | 0,146                                | 0,090                        | 0,172                   | 0,162                        | 0,088                   | 0,082                        | 0,098                       | 0,094                        |
| WS 2S               | 1,70  | 0,72 | 0,77     | 0,15     | 0,60     | 0,086                               | 0,081                        | 0,106                                | 0,083                        | 0,144                                | 0,088                        | 0,170                   | 0,159                        | 0,086                   | 0,081                        | 0,097                       | 0,093                        |
| WS 2S               | 1,40  | 0,67 | 0,76     | 0,15     | 0,58     | 0,085                               | 0,080                        | 0,105                                | 0,082                        | 0,142                                | 0,087                        | 0,168                   | 0,157                        | 0,085                   | 0,080                        | 0,096                       | 0,091                        |
| WS 2S               | 1,10  | 0,64 | 0,76     | 0,15     | 0,58     | 0,085                               | 0,080                        | 0,105                                | 0,082                        | 0,142                                | 0,087                        | 0,168                   | 0,157                        | 0,085                   | 0,080                        | 0,096                       | 0,091                        |
| WS 2S               | 1,00  | 0,53 | 0,68     | 0,19     | 0,45     | 0,079                               | 0,072                        | 0,096                                | 0,075                        | 0,130                                | 0,079                        | 0,154                   | 0,142                        | 0,079                   | 0,072                        | 0,089                       | 0,083                        |
| WS 3S               | 0,80  | 0,60 | 0,72     | 0,17     | 0,50     | 0,082                               | 0,076                        | 0,100                                | 0,078                        | 0,135                                | 0,082                        | 0,160                   | 0,148                        | 0,082                   | 0,076                        | 0,092                       | 0,087                        |
| WS 3S               | 0,70  | 0,53 | 0,69     | 0,19     | 0,46     | 0,079                               | 0,073                        | 0,097                                | 0,075                        | 0,131                                | 0,079                        | 0,155                   | 0,143                        | 0,079                   | 0,073                        | 0,089                       | 0,084                        |
| WS 3S               | 0,60  | 0,50 | 0,64     | 0,21     | 0,39     | 0,075                               | 0,068                        | 0,091                                | 0,070                        | 0,123                                | 0,074                        | 0,146                   | 0,133                        | 0,075                   | 0,068                        | 0,084                       | 0,078                        |
| WS 3S               | 0,50  | 0,50 | 0,61     | 0,22     | 0,36     | 0,072                               | 0,066                        | 0,088                                | 0,067                        | 0,119                                | 0,071                        | 0,141                   | 0,128                        | 0,072                   | 0,066                        | 0,081                       | 0,076                        |
| SS 2S               | 1,30  | 0,48 | 0,68     | 0,19     | 0,44     | 0,078                               | 0,072                        | 0,095                                | 0,074                        | 0,129                                | 0,078                        | 0,153                   | 0,141                        | 0,078                   | 0,072                        | 0,088                       | 0,082                        |
| SS 2S               | 1,20  | 0,37 | 0,59     | 0,23     | 0,34     | 0,071                               | 0,064                        | 0,086                                | 0,066                        | 0,116                                | 0,069                        | 0,138                   | 0,124                        | 0,071                   | 0,064                        | 0,080                       | 0,074                        |
| SS 2S               | 1,20  | 0,25 | 0,44     | 0,30     | 0,21     | 0,056                               | 0,048                        | 0,068                                | 0,050                        | 0,091                                | 0,052                        | 0,108                   | 0,094                        | 0,056                   | 0,048                        | 0,063                       | 0,056                        |
| SS 2S               | 1,10  | 0,36 | 0,58     | 0,23     | 0,33     | 0,070                               | 0,063                        | 0,085                                | 0,065                        | 0,115                                | 0,068                        | 0,136                   | 0,123                        | 0,070                   | 0,063                        | 0,079                       | 0,073                        |
| SS 2S               | 1,10  | 0,27 | 0,48     | 0,28     | 0,24     | 0,060                               | 0,053                        | 0,073                                | 0,054                        | 0,098                                | 0,057                        | 0,116                   | 0,102                        | 0,060                   | 0,053                        | 0,068                       | 0,061                        |
| SS 3S               | 0,70  | 0,34 | 0,54     | 0,25     | 0,29     | 0,066                               | 0,059                        | 0,080                                | 0,060                        | 0,108                                | 0,064                        | 0,128                   | 0,114                        | 0,066                   | 0,059                        | 0,074                       | 0,068                        |
| SS 3S               | 0,70  | 0,24 | 0,44     | 0,30     | 0,21     | 0,056                               | 0,048                        | 0,068                                | 0,050                        | 0,091                                | 0,052                        | 0,108                   | 0,094                        | 0,056                   | 0,048                        | 0,063                       | 0,056                        |
| SS 3S               | 0,70  | 0,16 | 0,29     | 0,37     | 0,13     | 0,039                               | 0,032                        | 0,047                                | 0,033                        | 0,062                                | 0,035                        | 0,074                   | 0,062                        | 0,039                   | 0,032                        | 0,044                       | 0,038                        |
| SS 3S               | 0,60  | 0,34 | 0,54     | 0,25     | 0,29     | 0,066                               | 0,059                        | 0,080                                | 0,060                        | 0,108                                | 0,064                        | 0,128                   | 0,114                        | 0,066                   | 0,059                        | 0,074                       | 0,068                        |
| SS 3S               | 0,60  | 0,24 | 0,44     | 0,30     | 0,21     | 0,056                               | 0,048                        | 0,068                                | 0,050                        | 0,091                                | 0,052                        | 0,108                   | 0,094                        | 0,056                   | 0,048                        | 0,063                       | 0,056                        |
| SS 3S               | 0,60  | 0,16 | 0,29     | 0,37     | 0,13     | 0,039                               | 0,032                        | 0,047                                | 0,033                        | 0,062                                | 0,035                        | 0,074                   | 0,062                        | 0,039                   | 0,032                        | 0,044                       | 0,038                        |
| SS 3S               | 0,50  | 0,34 | 0,54     | 0,25     | 0,29     | 0,066                               | 0,059                        | 0,080                                | 0,060                        | 0,108                                | 0,064                        | 0,128                   | 0,114                        | 0,066                   | 0,059                        | 0,074                       | 0,068                        |
| SS 3S               | 0,50  | 0,24 | 0,44     | 0,30     | 0,21     | 0,056                               | 0,048                        | 0,068                                | 0,050                        | 0,091                                | 0,052                        | 0,108                   | 0,094                        | 0,056                   | 0,048                        | 0,063                       | 0,056                        |
| SS 3S               | 0,50  | 0,16 | 0,29     | 0,37     | 0,13     | 0,039                               | 0,032                        | 0,047                                | 0,033                        | 0,062                                | 0,035                        | 0,074                   | 0,062                        | 0,039                   | 0,032                        | 0,044                       | 0,038                        |
| EC 2S               | 1,10  | 0,41 | 0,61     | 0,22     | 0,36     | 0,140                               |                              |                                      |                              |                                      |                              |                         |                              |                         |                              |                             |                              |
| EC 3S               | 0,70  | 0,36 | 0,56     | 0,24     | 0,31     | 0,120                               |                              |                                      |                              |                                      |                              |                         |                              |                         |                              |                             |                              |
| EC 3S               | 0,60  | 0,36 | 0,56     | 0,24     | 0,31     | 0,120                               |                              |                                      |                              |                                      |                              |                         |                              |                         |                              |                             |                              |
| EC 3S               | 0,50  | 0,36 | 0,56     | 0,24     | 0,31     | 0,120                               |                              |                                      |                              |                                      |                              |                         |                              |                         |                              |                             |                              |
| $t_{e,B,corr}$      |   |      |          |          |          | 0,100                               | 0,100                        | 0,123                                | 0,103                        | 0,170                                | 0,110                        | 0,200                   | 0,200                        | 0,100                   | 0,100                        | 0,113                       | 0,113                        |
| $\rho_{e,B,corr}$   |   |      |          |          |          | 0,700                               | 0,300                        | 0,658                                | 0,282                        | 0,574                                | 0,246                        | 0,600                   | 0,200                        | 0,700                   | 0,300                        | 0,700                       | 0,400                        |
| $\alpha_{e,B,corr}$ |   |      |          |          |          | 0,200                               | 0,600                        | 0,219                                | 0,615                        | 0,256                                | 0,644                        | 0,200                   | 0,600                        | 0,200                   | 0,600                        | 0,188                       | 0,488                        |

WS = vitrage de protection thermique, SS = vitrage de protection solaire, vitrage commutable EC (électrochrome), 1S = une vitre, 2S = deux vitres, 3S = trois vitres

Tableau 3 - Valeurs standard des indices des vitrages et des dispositifs de protection solaire extérieurs

| Type de verre         | Indices sans dispositif de protection solaire |      |                |                |                | Store intérieur (inclinaison de 0°) |                                  | Store intérieur (inclinaison de 10°) |                                  | Store intérieur (inclinaison de 45°) |                                  | Rideau roulant en mat. textile aluminisée |                                  | Film                        |
|-----------------------|---|------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---|----------------------------------|-----------------------------|
|                       |   |      |                |                |                |                                     |                                  |                                      |                                  |                                      |                                  |   |                                  |                             |
|                       | U <sub>g</sub>                                | g    | τ <sub>v</sub> | ρ <sub>v</sub> | τ <sub>e</sub> | Blanc<br>τ <sub>v,tot</sub>         | Gris foncé<br>τ <sub>v,tot</sub> | Blanc<br>τ <sub>v,tot</sub>          | Gris foncé<br>τ <sub>v,tot</sub> | Blanc<br>τ <sub>v,tot</sub>          | Gris foncé<br>τ <sub>v,tot</sub> | Blanc<br>τ <sub>v,tot</sub>               | aluminisée<br>τ <sub>v,tot</sub> | Blanc<br>τ <sub>v,tot</sub> |
| WS 1S                 | 5,80  | 0,87 | 0,88           | 0,10           | 0,85           | 0,095                               | 0,091                            | 0,117                                | 0,094                            | 0,159                                | 0,100                            | 0,188                                     | 0,095                            | 0,095                       |
| WS 2S                 | 2,90  | 0,78 | 0,84           | 0,12           | 0,73           | 0,091                               | 0,087                            | 0,112                                | 0,089                            | 0,153                                | 0,095                            | 0,180                                     | 0,091                            | 0,091                       |
| WS 3S                 | 2,00  | 0,70 | 0,79           | 0,14           | 0,63           | 0,088                               | 0,082                            | 0,107                                | 0,085                            | 0,146                                | 0,090                            | 0,172                                     | 0,088                            | 0,088                       |
| WS 2S                 | 1,70  | 0,72 | 0,77           | 0,15           | 0,60           | 0,086                               | 0,081                            | 0,106                                | 0,083                            | 0,144                                | 0,088                            | 0,170                                     | 0,086                            | 0,086                       |
| WS 2S                 | 1,40  | 0,67 | 0,76           | 0,15           | 0,58           | 0,085                               | 0,080                            | 0,105                                | 0,082                            | 0,142                                | 0,087                            | 0,168                                     | 0,085                            | 0,085                       |
| WS 2S                 | 1,10  | 0,64 | 0,76           | 0,15           | 0,58           | 0,085                               | 0,080                            | 0,105                                | 0,082                            | 0,142                                | 0,087                            | 0,168                                     | 0,085                            | 0,085                       |
| WS 2S                 | 1,00  | 0,53 | 0,68           | 0,19           | 0,45           | 0,079                               | 0,072                            | 0,096                                | 0,075                            | 0,130                                | 0,079                            | 0,154                                     | 0,079                            | 0,079                       |
| WS 3S                 | 0,80  | 0,60 | 0,72           | 0,17           | 0,50           | 0,082                               | 0,076                            | 0,100                                | 0,078                            | 0,135                                | 0,082                            | 0,160                                     | 0,082                            | 0,082                       |
| WS 3S                 | 0,70  | 0,53 | 0,69           | 0,19           | 0,46           | 0,079                               | 0,073                            | 0,097                                | 0,075                            | 0,131                                | 0,079                            | 0,155                                     | 0,079                            | 0,079                       |
| WS 3S                 | 0,60  | 0,50 | 0,64           | 0,21           | 0,39           | 0,075                               | 0,068                            | 0,091                                | 0,070                            | 0,123                                | 0,074                            | 0,146                                     | 0,075                            | 0,075                       |
| WS 3S                 | 0,50  | 0,50 | 0,61           | 0,22           | 0,36           | 0,072                               | 0,066                            | 0,088                                | 0,067                            | 0,119                                | 0,071                            | 0,141                                     | 0,072                            | 0,072                       |
| SS 2S                 | 1,30  | 0,48 | 0,68           | 0,19           | 0,44           | 0,078                               | 0,072                            | 0,095                                | 0,074                            | 0,129                                | 0,078                            | 0,153                                     | 0,078                            | 0,078                       |
| SS 2S                 | 1,20  | 0,37 | 0,59           | 0,23           | 0,34           | 0,071                               | 0,064                            | 0,086                                | 0,066                            | 0,116                                | 0,069                            | 0,138                                     | 0,071                            | 0,071                       |
| SS 2S                 | 1,20  | 0,25 | 0,44           | 0,30           | 0,21           | 0,056                               | 0,048                            | 0,068                                | 0,050                            | 0,091                                | 0,052                            | 0,108                                     | 0,056                            | 0,056                       |
| SS 2S                 | 1,10  | 0,36 | 0,58           | 0,23           | 0,33           | 0,070                               | 0,063                            | 0,085                                | 0,065                            | 0,115                                | 0,068                            | 0,136                                     | 0,070                            | 0,070                       |
| SS 2S                 | 1,10  | 0,27 | 0,48           | 0,28           | 0,24           | 0,060                               | 0,053                            | 0,073                                | 0,054                            | 0,098                                | 0,057                            | 0,116                                     | 0,060                            | 0,060                       |
| SS 3S                 | 0,70  | 0,34 | 0,54           | 0,25           | 0,29           | 0,066                               | 0,059                            | 0,080                                | 0,060                            | 0,108                                | 0,064                            | 0,128                                     | 0,066                            | 0,066                       |
| SS 3S                 | 0,70  | 0,24 | 0,44           | 0,30           | 0,21           | 0,056                               | 0,048                            | 0,068                                | 0,050                            | 0,091                                | 0,052                            | 0,108                                     | 0,056                            | 0,056                       |
| SS 3S                 | 0,70  | 0,16 | 0,29           | 0,37           | 0,13           | 0,039                               | 0,032                            | 0,047                                | 0,033                            | 0,062                                | 0,035                            | 0,074                                     | 0,039                            | 0,039                       |
| SS 3S                 | 0,60  | 0,34 | 0,54           | 0,25           | 0,29           | 0,066                               | 0,059                            | 0,080                                | 0,060                            | 0,108                                | 0,064                            | 0,128                                     | 0,066                            | 0,066                       |
| SS 3S                 | 0,60  | 0,24 | 0,44           | 0,30           | 0,21           | 0,056                               | 0,048                            | 0,068                                | 0,050                            | 0,091                                | 0,052                            | 0,108                                     | 0,056                            | 0,056                       |
| SS 3S                 | 0,60  | 0,16 | 0,29           | 0,37           | 0,13           | 0,039                               | 0,032                            | 0,047                                | 0,033                            | 0,062                                | 0,035                            | 0,074                                     | 0,039                            | 0,039                       |
| SS 3S                 | 0,50  | 0,34 | 0,54           | 0,25           | 0,29           | 0,066                               | 0,059                            | 0,080                                | 0,060                            | 0,108                                | 0,064                            | 0,128                                     | 0,066                            | 0,066                       |
| SS 3S                 | 0,50  | 0,24 | 0,44           | 0,30           | 0,21           | 0,056                               | 0,048                            | 0,068                                | 0,050                            | 0,091                                | 0,052                            | 0,108                                     | 0,056                            | 0,056                       |
| SS 3S                 | 0,50  | 0,16 | 0,29           | 0,37           | 0,13           | 0,039                               | 0,032                            | 0,047                                | 0,033                            | 0,062                                | 0,035                            | 0,074                                     | 0,039                            | 0,039                       |
| EC 2S                 | 1,10  | 0,41 | 0,61           | 0,22           | 0,36           | 0,140                               |                                  |                                      |                                  |                                      |                                  |   |                                  |                             |
| EC 3S                 | 0,70  | 0,36 | 0,56           | 0,24           | 0,31           | 0,120                               |                                  |                                      |                                  |                                      |                                  |   |                                  |                             |
| EC 3S                 | 0,60  | 0,36 | 0,56           | 0,24           | 0,31           | 0,120                               |                                  |                                      |                                  |                                      |                                  |   |                                  |                             |
| EC 3S                 | 0,50  | 0,36 | 0,56           | 0,24           | 0,31           | 0,120                               |                                  |                                      |                                  |                                      |                                  |   |                                  |                             |
| t <sub>e,B,corr</sub> |   |      |                |                |                | 0,100                               | 0,100                            | 0,123                                | 0,103                            | 0,170                                | 0,110                            | 0,200                                     | 0,000                            | 0,100                       |
| ρ <sub>e,B,corr</sub> |   |      |                |                |                | 0,700                               | 0,300                            | 0,658                                | 0,282                            | 0,574                                | 0,246                            | 0,600                                     | 0,700                            | 0,700                       |
| α <sub>e,B,corr</sub> |   |      |                |                |                | 0,200                               | 0,600                            | 0,219                                | 0,615                            | 0,256                                | 0,644                            | 0,200                                     | 0,300                            | 0,200                       |

WS = vitrage de protection thermique, SS = vitrage de protection solaire, vitrage commutable EC (électrochrome),  
1S = une vitre, 2S = deux vitres, 3S = trois vitres

Tableau 4 - Valeurs standard des indices des vitrages et des dispositifs de protection solaire intérieurs

