



Konferenz Kantonaler Energiedirektoren
Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie
Conferenza dei direttori cantonali dell'energia
Conferenza dals directurs chantunals d'energia

Normalisation du CECB®

Version CECB V5.1.1

1^{ère} édition, janvier 2020

Approuvé lors de l'Assemblée plénière de la Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie du 02 avril 2020.

Berne, le 9 mars 2020

Mandant

Association GEAK-CECB-CECE
Bäumleingasse 22
4051 Bâle

Mandataire

Haute école spécialisée de la Suisse du Nord-Ouest FHNW
Institut Energie am Bau IEBAU
Hofackerstrasse 30
4132 Muttenz
www.fhnw.ch/habg/iebau/

Auteurs

Monika Hall

Avec le soutien de

Centrale d'exploitation CECB
Christian Amoser
Matthias Bringolf
Daniel Fuchs
Karine Wesselmann

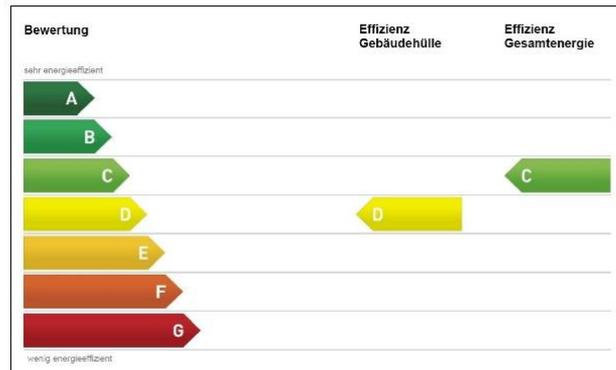
Sommaire

1	Introduction	5
1.1	Objectif	5
1.2	Affectations mixtes	5
1.3	Remarques	6
2	Besoins de chaleur pour le chauffage	7
3	Chauffage et eau chaude sanitaire	9
3.1	Généralités	9
3.2	Producteur de chaleur	9
3.3	Déperditions de chaleur	10
3.4	Énergie finale	16
3.5	Énergie auxiliaire	18
3.6	Tableaux de référence Chauffage et Eau chaude sanitaire	21
4	Ventilation	25
4.1	Généralités	25
4.2	Petites installations avec valeurs standard	27
4.3	Autres installations de ventilation	29
4.4	Tableau de référence Ventilation	31
5	Rendement électrique issu du photovoltaïque et de la cogénération / du CCF	33
5.1	Photovoltaïque	33
5.2	Cogénération / CCF	33
6	Électricité	34
6.1	Généralités	34
6.2	Habitat	35
6.3	Tableau de référence Habitation	41
6.4	Bâtiments non résidentiels	44
6.5	Tableaux de référence Bâtiments non résidentiels	46
7	Étiquette	51
7.1	Valeur de projet	51
7.2	Valeur de référence	52
7.3	Indices et classification	54
8	Évaluation	55
8.1	Enveloppe du bâtiment	55
8.2	Installations techniques du bâtiment	57
9	Bibliographie	59
10	Symboles, unités et notions	60

1 Introduction

1.1 Objectif

Le présent rapport présente la méthodologie propre au calcul des étiquettes CECB (III. 1) et à l'évaluation de l'enveloppe et des installations techniques du bâtiment (III. 2). La description repose sur la version 5.1.1 du Manuel CECB.



III. 1 Étiquette-énergie du CECB en deux parties.

Gebäudehülle				Gebäudetechnik (Anlage und Energieträger)			
	intakt	leicht abgenutzt	abgenutzt	Heizung	Warmwasser	Elektrizität	
sehr gut							
gut							
mittelmässig		Fe					
ungenügend	Wa, Bo		Da				

III. 2 Évaluation de l'enveloppe et des installations techniques du bâtiment figurant à la page 2 du document CECB.

1.2 Affectations mixtes

Dans le CECB, il est possible de représenter jusqu'à trois affectations dans un bâtiment en cas d'affectations mixtes. Elles sont prises en considération proportionnellement à leur surface de référence énergétique respective.

- Les besoins de chaleur pour le chauffage sont calculés dans un modèle à zone unique sur l'ensemble du bâtiment. Les différentes affectations sont prises en compte avec leur surface de référence énergétique ainsi que les données d'utilisation standard correspondantes pondérées en fonction de la surface. Les besoins de chaleur pour le chauffage sont ainsi déterminés pour l'ensemble du bâtiment. Il n'est pas possible de différencier les affectations individuelles en raison du modèle à zone unique.
- S'agissant de l'installation de production et de distribution de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, et en ce qui concerne les déperditions liées à la distribution, on prend en compte les affectations pondérées en fonction de la surface pour déterminer les réseaux de distribution (rayon et longueur des tuyaux/conduites, durée d'exploitation).

- Les besoins en eau chaude sont déterminés à partir des données d'utilisation standard figurant dans la SIA 380/1:2009. La valeur de l'ensemble du bâtiment se compose de la valeur pondérée en fonction de la surface sur l'ensemble des affectations.
- Les équipements d'exploitation électriques, l'éclairage et les installations de ventilation sont saisis par affectation.
- Pour l'étiquette, les valeurs de référence sont déterminées à partir de la somme des valeurs de référence uniques pondérées en fonction de la surface.

Les étiquettes sont ainsi élaborées d'après le bâtiment dans son ensemble et non d'après les affectations uniques.

1.3 Remarques

- Les valeurs, les équations et surtout les résultats en kWh/a resp. kWh/(m²a) sont prépondérants. Étant donné que les bases de calcul proviennent toutefois de l'année 2009, certaines valeurs resp. équations sont exprimées en MJ/a resp. MJ/(m²a). Celles-ci sont désignées de manière spécifique. La conversion s'effectue comme suit: 1kWh = 3,6 MJ.

Une attention particulière doit être accordée à l'unité utilisée, notamment pour le besoin effectif de chaleur pour le chauffage $Q_{H,eff}$ et le besoin de chaleur pour l'eau chaude Q_w . Les valeurs sont exprimées en kWh/(m²a) et en MJ/(m²a).

- Arrondis, nombre de positions en chiffres
 - Les surfaces de référence énergétique sont exprimées en chiffres entiers.
 - Les autres surfaces peuvent être exprimées avec un chiffre après la virgule.
 - Les saisies de valeurs U, valeurs g, les facteurs d'ombrage, les proportions de vitre, les valeurs b peuvent être exprimées avec deux chiffres après la virgule.
 - Les résultats concernant le besoin de chaleur pour le chauffage sont arrondis à un chiffre après la virgule.
 - Les résultats concernant l'énergie finale sont affichés en chiffre entier.

2 Besoins de chaleur pour le chauffage

Le besoin de chaleur effectif pour le chauffage ($Q_{H,eff}$, $Q_{H,eff,corr}$) est calculé conformément à la SIA 380/1:2009 [1]. Il convient à ce sujet de prendre en compte ce qui suit:

- S'il existe une installation de ventilation, on utilise le débit d'air neuf rapporté à la surface, conformément au chap. 4.
- S'il n'y a aucune installation de ventilation, il est possible, sous les données d'utilisation standard, d'adapter le débit d'air neuf rapporté à la surface de chaque affectation à l'étanchéité de l'enveloppe du bâtiment ($0,7 - 1,5 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$). La valeur moyenne de la surface est déterminée pour le calcul des besoins de chaleur pour le chauffage selon l'Équation 1.
- Dans le cas d'une affectation mixte, les paramètres suivants sont pris en compte proportionnellement à la surface:
 - les données d'utilisation standard (Équation 1), l'émission de chaleur par les personnes (Équation 2)
 - les constantes a_o et T_o (Équation 1) pour déterminer le taux d'utilisation η_g

Tel que décrit au chap. 1.2, le calcul de l'affectation mixte se base sur un modèle à zone unique. Le modèle à zone unique a été choisi pour simplifier le calcul, la gestion du programme et l'approvisionnement en chaleur par les différents producteurs de chaleur dans les divers domaines approvisionnés.

Remarque

Cette procédure simplifiée ne correspond pas à celle des programmes SIA 380/1 courants, qui calculent un modèle dit multizones. Dans un tel modèle, l'enveloppe du bâtiment est clairement attribuée à chaque affectation, et, le cas échéant, l'échange thermique est également pris en considération entre les zones. Au vu des diverses procédures, on peut s'attendre à des résultats différents en ce qui concerne les valeurs de projet entre le CECB et les programmes externes.

Il en va de même pour le calcul de la valeur limite qui est également calculée sur la base du modèle à zone unique dans le CECB (chap. 7.2).

Les données d'utilisation standard pondérées en fonction de la surface pour les affectations mixtes S_{Nutz} se calculent à partir de la somme des valeurs de référence uniques pondérées en fonction de la surface. L'Équation 1 s'applique aux données d'utilisation standard:

- Température ambiante
- Supplément de régulation pour la température ambiante
- Temps de présence par jour
- Besoin en électricité
- Facteur de réduction pour les besoins en électricité
- Débit d'air neuf thermiquement actif

$S_{Nutz} = \sum_{n=1}^{N_{Nutz}} S_{Nutz,n} \cdot \frac{A_{E,Nutz,n}}{A_E}$	[Unité]	Équation 1
--	---------	------------

n	[-]	Index courant pour nombre d'affectations N_{Nutz} , $n = 1 \dots N_{Nutz}$
$S_{Nutz,n}$	[Unité]	Paramètre des données d'utilisation standard resp. constantes a_0 et T_0 de l'affectation n
$A_{E,Nutz,n}$	[m ²]	Surface de référence énergétique de l'affectation n
A_E	[m ²]	Surface de référence énergétique totale

L'Équation 1 peut être utilisée par analogie pour d'autres paramètres destinés à la pondération des surfaces.

En cas d'affectation mixte (modèle à zone unique), l'Équation 2 s'applique à la totalité des émissions de chaleur par les personnes $Q_{I,P}$ lors du calcul des besoins de chaleur pour le chauffage selon la SIA 380/1:

$Q_{I,P} = \left(\sum_{n=1}^{N_{Nutz}} Q_{P,std,Nutz,n} \cdot \frac{t_{P,std,Nutz,n}}{A_{P,std,Nutz,n}} \cdot \frac{A_{E,Nutz,n}}{A_E} \right) \cdot \frac{t_c}{1000}$	[kWh/(m ² a)]	Équation 2
---	--------------------------	------------

n	[-]	Index courant pour nombre d'affectations N_{Nutz} , $n = 1 \dots N_{Nutz}$
$Q_{P,std,Nutz,n}$	[W/P]	Données d'utilisation standard pour l'émission de chaleur par les personnes selon la SIA 380/1:2009 conformément à l'affectation n
$t_{P,std,Nutz,n}$	[h/d]	Données d'utilisation standard pour le temps de présence par jour selon la SIA 380/1:2009 conformément à l'affectation n
$A_{P,std,Nutz,n}$	[m ² /P]	Données d'utilisation standard pour les surfaces effectives par personne selon la SIA 380/1:2009 conformément à l'affectation n
t_c	[d]	Longueur des étapes de calcul
$A_{E,Nutz,n}$	[m ²]	Surface de référence énergétique de l'affectation n
A_E	[m ²]	Surface de référence énergétique totale

3 Chauffage et eau chaude sanitaire

3.1 Généralités

Pour couvrir les besoins en chauffage et en eau chaude, il est possible de définir jusqu'à cinq producteurs de chaleur différents. Pour l'approvisionnement en chaleur du chauffage et de l'eau chaude, la surface de référence énergétique peut à chaque fois être divisée en un maximum de trois domaines. Il est possible de diviser séparément les surfaces des domaines approvisionnés pour le chauffage (HE 1, HE 2, HE 3) et l'eau chaude (WW 1, WW 2, WW 3). La répartition des surfaces est indépendante de l'affectation. Pour chaque domaine, les besoins doivent être couverts à 100% par les producteurs de chaleur. Exemple Tab. 1.

Tab. 1 Exemple de distribution des cinq producteurs de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude pour chaque domaine approvisionné.

Domaine approvisionné	Chauffage			Eau chaude sanitaire		
	HE 1	HE 2	HE 3	WW 1	WW 2	WW 3
Taux de couverture WE 1	100%	80%	-	50%	-	-
Taux de couverture WE 2	-	20%	20%	-	-	-
Taux de couverture WE 3	-	-	60%	50%	-	-
Taux de couverture WE 4	-	-	20%	-	100%	-
Taux de couverture WE 5	-	-	-	-	-	-
Taux de couverture Domaine	100%	100%	100%	100%	100%	-

3.2 Producteur de chaleur

Les paramètres suivants sont déterminants pour chaque producteur de chaleur:

- Type de producteur de chaleur (liste déroulante selon Tab. 9)
- Rendement / coefficient de performance annuel pour le producteur de chaleur, séparé en chauffage et eau chaude (saisie libre)
- Agents énergétiques du producteur de chaleur

Facteur pour le surdimensionnement du producteur de chaleur (Les désignations HWWxx correspondent aux désignations utilisées dans le Manuel CECB V5.1 destiné aux experts [4].

- Tab. 2)

Températures entrée/sortie du domaine approvisionné auquel le producteur de chaleur est couplé (liste déroulante Les désignations HWWxx correspondent aux désignations utilisées dans le Manuel CECB V5.1 destiné aux experts [4].

- Tab. 2)
- Type d'approvisionnement de chaleur (liste déroulante Tab. 8)

- Compensation hydraulique pour le chauffage (liste déroulante Tab. 8)
- Type d'accumulateur (liste déroulante Tab. 8)
- Capacité de l'accumulateur (saisie libre)
- Type de maintien de la chaleur de l'eau chaude (liste déroulante Tab. 8)
- Emplacement des conduites de distribution horizontales (Tab. 8)
- Épaisseur de l'isolation et conductivité thermique de l'isolation pour les conduites de distribution (saisie libre)
- État de l'isolation des conduites de distribution (liste déroulante Tab. 8)
- Production d'électricité issue du couplage chaleur-force (saisie libre, chap. 5.2)
- Taux de couverture du producteur de chaleur pour chaque domaine approvisionné (saisie libre)

3.3 Déperditions de chaleur

Le besoin en énergie finale pour le chauffage et l'eau chaude est calculé en s'appuyant sur la procédure décrite dans la SIA 2031:2009, annexe A [2]. Sont prises en considération les déperditions liées à la production, au stockage et à la distribution de la chaleur.

3.3.1 Déperditions de chaleur du producteur de chaleur

Les déperditions du producteur de chaleur doivent être contenues dans les rendements resp. les coefficients de performance annuels du producteur de chaleur saisis.

3.3.2 Déperditions de chaleur liées à l'accumulateur

Les déperditions de chaleur liées à l'accumulateur $Q_{WW,WEi,sto,ls}$ sont calculées selon la SIA 2031:2009 [2] et sont attribuées à un producteur de chaleur WE_i .

Déperditions liées à l'accumulateur:

$Q_{WW,WEi,sto,ls} = (315 + 50 \cdot V^{2/3})/3.6$	[kWh/a]	Équation 3
--	---------	------------

V [l] Volume de l'accumulateur en litre

Remarque

Aucun accumulateur n'est pris en compte lorsque le producteur de chaleur approvisionne uniquement le système de distribution « Chauffage ». Pour tous les autres systèmes de distribution, les déperditions liées à l'accumulateur sont systématiquement attribuées à l'eau chaude, indépendamment du type d'accumulateur sélectionné.

3.3.3 Déperditions liées à la distribution de la chaleur

Les déperditions liées à la distribution de la chaleur dans les domaines approvisionnés en chauffage et en eau chaude sont calculées selon l'Équation 4 de

manière analogue à la SIA 2031:2009 [2]. Les déperditions liées aux conduites de distribution horizontales et verticales sont prises en considération de manière séparée.

Déperditions liées aux conduites de distribution $Q_{x,y,dis,ls,z,j}$ horizontales resp. verticales:

$Q_{x,y,dis,ls,z,j} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{\lambda \cdot h \cdot b}{\lambda + h \cdot b \cdot \ln\left(\frac{b}{a}\right)} \cdot L \cdot \Delta\theta \cdot \frac{t_{be,dis}}{1000}$		[kWh/a]	Équation 4
x,y,z,j	[-]	Emplacement prévu pour y: chauffage/eau chaude, x: producteur de chaleur, z: orientation des conduites de distribution et j: domaine approvisionné	
λ	[W/(m K)]	Conductivité thermique des conduites de distribution: <ul style="list-style-type: none"> ▪ isolées: conductivité thermique conformément aux données saisies (identique pour des conduites horizontales et verticales) ▪ non isolées: conductivité thermique de la conduite: 50 W/(m K) ▪ partiellement isolées: ▪ conduites horizontales: isolées ▪ conduites verticales: non isolées 	
h	[W/(m ² K)]	Coefficient de transfert de chaleur des conduites: <ul style="list-style-type: none"> ▪ non isolées: 13 W/(m²·K) ▪ isolées: 7,5 W/(m²·K) 	
a	[m]	Rayon interne de la conduite (rayon interne du tuyau), selon Tab. 4	
b	[m]	Rayon externe de la conduite de distribution (tuyau y c. isolation thermique) (Épaisseur de la paroi de la conduite: 0,0015 m) $b = a + 0,0015 + sD$ (sD: épaisseur de l'isolation thermique)	
V	[m]	Pour les longueurs horizontales et verticales du réseau de distribution selon Tab. 7 en m/m ² multiplié par la surface de référence énergétique de chaque domaine approvisionné.	
$\Delta\theta$	[K]	Pour le chauffage: Différence de température de la température moyenne du circuit de chauffage θ_{HK} selon Tab. 2 (sans compensation hydraulique ou avec compensation hydraulique inconnue) et Tab. 3 (compensation hydraulique connue) pour l'air ambiant θ_U : $\Delta\theta = \theta_{HK} - \theta_U$ Pour l'eau chaude: Différence de température de la température de l'eau chaude pour l'air ambiant ($\theta_{ww} = 60$ °C): $\Delta\theta = \theta_{ww} - \theta_U$ Air ambiant θ_U pour section de conduite: <ul style="list-style-type: none"> ▪ à l'extérieur de l'enveloppe thermique du bâtiment: 13 °C ▪ à l'intérieur de l'enveloppe thermique du bâtiment: 20 °C (les conduites de distribution verticales sont toujours à l'intérieur de l'enveloppe thermique) 	

$t_{be,dis}$	[h]	Durée d'exploitation de la distribution de la chaleur, selon Tab. 5 (chauffage) et Tab. 6 (eau chaude). S'agissant d'une installation de chauffage décentralisée, la durée d'exploitation du système de distribution de chaleur est $t_{be,dis,x} = 0$ h.
--------------	-----	---

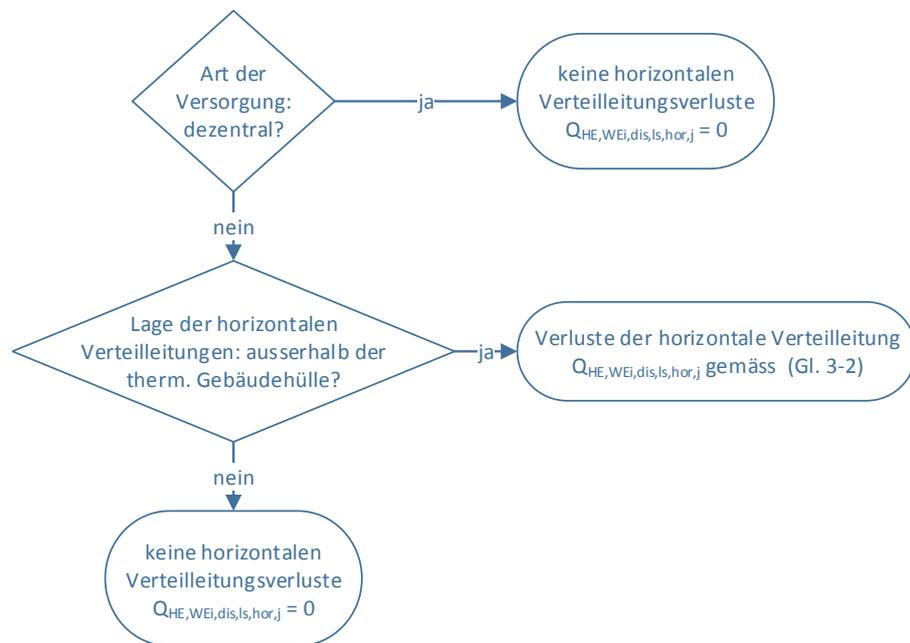
Déperditions liées à la distribution du chauffage

Les déperditions des conduites horizontales pour le chauffage ($Q_{HE,WEi,dis,ls,hor,j}$) sont calculées avec l'Équation 4 pour chaque producteur de chaleur WE_i et domaine approvisionné j (III. 3), si

- Type de chauffage: « centralisé » ou « centralisé + décentralisé » **et**
- Emplacement des conduites de distribution horizontales « à l'extérieur de l'enveloppe thermique du bâtiment »

est admis. Dans tous les autres cas, ce qui suit s'applique pour les déperditions liées aux conduites de distribution horizontales: $Q_{HE,WEi,dis,ls,hor,j} = 0$ kWh/a, étant donné qu'elles sont supposées être entièrement récupérables.

Les déperditions liées aux conduites de distribution verticales de chauffage sont entièrement récupérables et ne sont de ce fait pas calculées.



III. 3 Diagramme de flux – Déperditions liées aux conduites de distribution horizontales pour le chauffage ($Q_{HE,WE,dis,ls,hor,j}$).

Déperditions liées à la distribution de l'eau chaude

Les déperditions liées à la distribution de chaleur horizontale et verticale de l'eau chaude à l'intérieur de l'enveloppe thermique du bâtiment ne sont que partiellement récupérables et doivent par conséquent être calculées. Le calcul se base sur la SIA 2031:2009 [2].

Les parts des déperditions qui ne peuvent pas être récupérées, sont calculées avec l'Équation 5 à l'Équation 7, lorsque le type d'approvisionnement: est « centralisé » ou « centralisé + décentralisé ». La perte globale résulte de l'Équation 8. Les déperditions sont calculées par domaine approvisionné j; elles sont indépendantes du producteur de chaleur.

Déperditions liées aux conduites de distribution horizontales de l'eau chaude (III. 4):

Emplacement à l'intérieur de l'enveloppe thermique du bâtiment

$Q_{WW,dis,ls,hor,j} = (1 - 0.8 \cdot \eta_g) \cdot Q_{WW,dis,ls,h,j}$ (Équation 4)	[kWh/a]	Équation 5
---	---------	------------

η_g	[-]	Fraction utile conformément à la SIA 380/1:2009 tenant compte du modèle à zone unique
$Q_{WW,dis,ls,h,j}$	[kWh/a]	Déperditions liées aux conduites de distribution horizontales du domaine j

Emplacement à l'extérieur de l'enveloppe thermique du bâtiment

$Q_{WW,dis,ls,hor,j} = Q_{WW,dis,ls,h,j}$ (Équation 4)	[kWh/a]	Équation 6
--	---------	------------

Déperditions liées aux conduites verticales pour l'eau chaude:

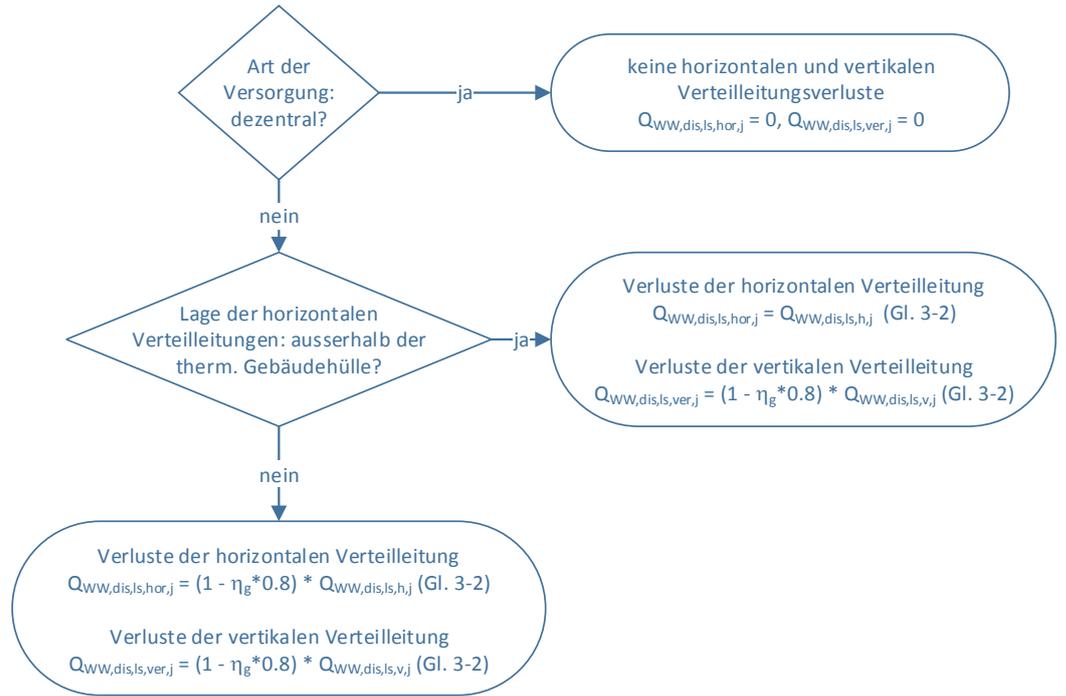
Emplacement à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enveloppe thermique du bâtiment

$Q_{WW,dis,ls,ver,j} = (1 - 0.8 \cdot \eta_g) \cdot Q_{WW,dis,ls,v,j}$ (Équation 4)	[kWh/a]	Équation 7
---	---------	------------

η_g	[-]	Fraction utile selon la norme SIA 380/1
$Q_{WW,dis,ls,v,j}$	[kWh/a]	Déperditions liées aux conduites de distribution verticales du domaine j

Somme des déperditions pour les conduites de distribution horizontales et verticales pour l'eau chaude dans le domaine approvisionné j:

$Q_{WW,dis,ls,j} = Q_{WW,dis,ls,hor,j} + Q_{WW,dis,ls,ver,j}$ équivalent à « 0 », si installation de production de l'eau chaude décentralisée	[kWh/a]	Équation 8
--	---------	------------



III. 4 Diagramme de flux – Déperditions liées aux conduites de distribution horizontales et verticales pour l'eau chaude.

3.4 Énergie finale

L'énergie finale pour le chauffage et l'eau chaude est calculée séparément pour chaque producteur de chaleur, afin de la prendre en compte en fonction de ses agents énergétiques au niveau de l'efficacité globale dans l'étiquette.

Pour chaque producteur de chaleur ($i = 1 \dots N_{WE}$), l'énergie finale est composée de la somme des trois domaines approvisionnés tout au plus ($j = 1 \dots N_{Ber}$), pour le chauffage et l'eau chaude à chaque fois.

Chauffage

Les besoins en énergie finale Chauffage $E_{HE,WEi}$ par producteur de chaleur sont calculés sur la base de la SIA 2031:2009 [2] comme suit:

$E_{HE,WEi} = \sum_{j=1}^{N_{Ber}} \left(\frac{Q_{H,eff} \cdot A_{E,Berj} + Q_{HE,WEi,dis,ls,hor,j}}{\eta_{HE,WEi} - 0.09 (Dim_{WEi} - 1)} \right) \cdot DG_{WEi,j}$	[kWh/a]	Équation 9
---	---------	------------

j	[-]	Index courant pour nombre de domaines approvisionnés N_{Ber} , $j = 1 \dots N_{Ber}$
$Q_{H,eff}$	[kWh/(m ² a)]	Besoins de chaleur eff. pour le chauffage (identique pour tous les domaines)
$A_{E,Berj}$	[m ²]	Surfaces du domaine approvisionné j
$Q_{HE,WEi,dis,ls,hor,j}$	[kWh/(-a)]	Dépense liées aux conduites de distribution horizontales du producteur de chaleur WE_i pour le domaine approvisionné j
$\eta_{HE,WEi}$	[-]	Rendement annuel du producteur de chaleur WE_i
Dim_{WEi}	[-]	Facteur du surdimensionnement du producteur de chaleur WE_i
$DG_{WEi,j}$	[-]	Taux de couverture du domaine approvisionné j par le producteur de chaleur WE_i

Eau chaude sanitaire

Les besoins en énergie finale pour l'eau chaude $E_{WW,WEi}$ par producteur de chaleur sont calculés sur la base de la SIA 2031:2009 [2] comme suit:

$$E_{WW,WEi} = \sum_{j=1}^{N_{Ber}} \left(\frac{(Q_{w,ref} + Q_{WW,Wasch} + Q_{WW,Spül}) \cdot A_{E,Berj} + Q_{WW,WEi,sto,ls} + Q_{WW,dis,ls,j}}{\eta_{WW,WEi}} \cdot DG_{WEi,j} \right)$$

	[kWh /a]	Équation 10
--	----------	-------------

j	[-]	Index courant pour nombre de domaines approvisionnés $N_{Ber}, j = 1 \dots N_{Ber}$
$\eta_{WW,WEi}$	[-]	Rendement annuel du producteur de chaleur
$Q_{w,ref}$	[kWh/(m ² a)]	Besoin en énergie utile pour l'eau chaude selon la SIA 380/1 (Tab. 34, attention à l'unité) resp. pour les affectations mixtes, calculé d'après des valeurs pondérées en fonction de la surface (chap. 1.2).
$Q_{ww_mach-laver}$	[kWh/(m ² a)]	Besoin en énergie utile supplémentaire pour l'eau chaude par le biais de lave-linges avec raccordement à l'eau chaude, Équation 35
$Q_{ww_sèche-linge}$	[kWh/(m ² a)]	Besoin en énergie utile supplémentaire pour l'eau chaude par le biais de lave-vaisselles avec raccordement à l'eau chaude, Équation 36
$A_{E,Berj}$	[m ²]	Proportion des surfaces du domaine approvisionné concerné
$Q_{WW,WEi,sto,ls}$	[kWh/a]	Dépense liées à l'accumulateur pour l'eau chaude pour le producteur de chaleur WE_i
$Q_{WW,dis,ls,j}$	[kWh/a]	Dépense des conduites de distribution pour l'eau chaude pour le producteur de chaleur dans le domaine approvisionné j
$DG_{WEi,j}$	[-]	Taux de couverture du producteur de chaleur WE_i dans le domaine approvisionné j

3.5 Énergie auxiliaire

Chauffage

Pour chaque producteur de chaleur ($i = 1 \dots N_{WE}$), l'énergie auxiliaire est calculée par domaine approvisionné ($j = 1 \dots N_{Ber}$) (Équation 11, attention à l'unité) en se basant sur la SIA 380/4:2006 [3].

$E_{HE,WEi,hilfs} = \sum_{j=1}^{N_{Ber}} \{ [(0.0688 \cdot A_{E,Berj}^{-0.394} \cdot Q_{H,eff} + 2.86 \cdot A_{E,Berj}^{-0.37}) \cdot f_{WEi,a} + (0.0007 \cdot Q_{H,eff} + 225 \cdot A_{E,Berj}^{-0.9}) \cdot f_{WEi,ak} + (0.0012 \cdot Q_{H,eff} + 82 \cdot A_{E,Berj}^{-0.73}) \cdot A_{E,Berj} \cdot DG_{WEi} \}$	[MJ/a]	Équation 11
--	--------	-------------

j	[-]	Index courant pour nombre de domaines approvisionnés $N_{Ber}, j = 1 \dots N_{Ber}$
$A_{E,Berj}$	[m ²]	Surfaces du domaine approvisionné concerné j
$Q_{H,eff}$	[MJ/(m ² a)]	Besoins de chaleur eff. pour le chauffage (identique pour tous les domaines, attention à l'unité)
$f_{WEi,a}$	[-]	Facteur Énergie auxiliaire du producteur de chaleur $f_{WEi,a} = f_{WEi,au} \cdot f_{WEi,af} \cdot f_{WEi,ae} \cdot f_{WEi,ak}$
$f_{WEi,au}$	[-]	Pompe de circulation selon Tab. 9
$f_{WEi,af}$	[-]	Chaudière selon Tab. 9
$f_{WEi,ae}$	[-]	Groupe auxiliaire selon Tab. 9
$f_{WEi,ak}$	[-]	Si producteur de chaleur uniquement pour le chauffage (H) ou uniquement pour l'eau chaude (W): $f_{WEi,ak} = 1$, sinon $f_{WEi,ak} = 0,65$
DG_{WEi}	[-]	Taux de couverture du producteur de chaleur WE_i dans un domaine approvisionné

Les seules énergies auxiliaires du producteur de chaleur Chauffage sont finalement résumées:

$E_{HE,hilfs} = \sum_{i=1}^{N_{WE}} \frac{E_{HE,WEi,hilfs}}{3.6}$	[kWh/a]	Équation 12
---	---------	-------------

i	[-]	Index courant pour nombre de producteurs de chaleur $N_{WE}, i = 1 \dots N_{WE}$
$E_{HE,WEi,hilfs}$	[MJ/a]	Énergie auxiliaire pour les différents producteurs de chaleur WE_i

Eau chaude sanitaire

L'énergie auxiliaire globale pour le maintien de la chaleur de l'eau chaude se calcule d'après l'Équation 13; de même, pour chaque producteur de chaleur ($i = 1 \dots N_{WE}$), l'énergie auxiliaire par domaine approvisionné est calculée ($j = 1 \dots N_{Ber}$) en s'appuyant sur la SIA 380/4:2006 [3].

Énergie auxiliaire pour l'eau chaude (attention à l'unité)

$E_{WW,WEi,hilfs} = \sum_{j=1}^{N_{Ber}} \{ [(0.0688 \cdot A_{E,Berj}^{-0.394} \cdot Q_{H,eff} + 2.86 \cdot A_{E,Berj}^{-0.37}) \cdot f_{WEi,a} + (0.0007 \cdot Q_{H,eff} + 225 \cdot A_{E,Berj}^{-0.9}) \cdot f_{WEi,ak} + E_{w,a,j}] \cdot A_{E,Berj} \cdot DG_{WEi} \}$	[MJ/a]	Équation 13
--	--------	-------------

j	[-]	Index courant pour nombre de domaines approvisionnés $N_{Ber}, j = 1 \dots N_{Ber}$
$A_{E,Berj}$	[m ²]	Surfaces du domaine approvisionné concerné
$Q_{H,eff}$	[MJ/(m ² a)]	Besoins de chaleur eff. pour le chauffage (identique pour toutes les domaines, attention à l'unité)
$f_{WEi,a}$	[-]	Facteur énergie auxiliaire du producteur de chaleur (produit de tous les facteurs) $f_{WEi,a} = f_{WEi,au} \cdot f_{WEi,af} \cdot f_{WEi,ae} \cdot f_{WEi,ak}$
$f_{WEi,au}$	[-]	Pompe de circulation: décentralisée =1, centralisée =0 (Tab. 9)
$f_{WEi,af}$	[-]	Chaudière: décentralisée =1, centralisée =0 (Tab. 9)
$f_{WEi,ae}$	[-]	Groupe auxiliaire (Tab. 9)
$f_{WEi,ak}$	[-]	Si le producteur de chaleur approvisionne uniquement le chauffage (H) ou uniquement l'eau chaude (W): 1, sinon 0,65
$E_{w,a,j}$	[MJ/a]	Courant auxiliaire pour les pompes dans le domaine approvisionné (attention à l'unité): Pompe de circulation / circulateur: $E_{w,a,j} = E_{w,az,j}$ (Équation 14) Bande chauffante: $E_{w,a,j} = E_{w,ah,j}$ (Équation 15) Aucun maintien de la chaleur: $E_{w,a,j} = E_{w,az,j}$ (Équation 14)
DG_{WEi}	[-]	Taux de couverture du producteur de chaleur dans un domaine approvisionné

Les besoins en électricité pour le maintien de la chaleur de l'eau chaude (pompe de circulation, bandes chauffantes) sont calculés selon la SIA 380/4:2006 (chap. 3.5.1.5 et 6) [3]. Le calcul s'effectue séparément pour chaque domaine approvisionné.

Pompe de circulation / circulateur (attention à l'unité)

$E_{w,az,j} = 33 \cdot \frac{A_{th}}{A_E} \cdot \frac{t_{be,Zir,j}}{8760}$	[MJ/a]	Équation 14
--	---------------	-------------

Bande chauffante (attention à l'unité)

$E_{w,ah,j} = 75 \cdot \frac{A_{th}}{A_E^{0.14}}$	[MJ/a]	Équation 15
---	---------------	-------------

$t_{be,Zir,j}$	[h]	Durée d'exploitation de la distribution de chaleur selon Tab. 6 dans le domaine approvisionné
A_{th}	[m ²]	Surface de l'enveloppe thermique du bâtiment selon la SIA 380/1:2009
A_E	[m ²]	Surface de référence énergétique totale

$E_{WW,hilfs} = \sum_{i=1}^{N_{WE}} \frac{E_{WW,WEi,hilfs}}{3.6}$	[kWh/a]	Équation 16
---	----------------	-------------

i	[-]	Index courant pour nombre de producteur de chaleur $N_{WE}, j = 1 \dots N_{WE}$
$E_{WW,WEi,hilfs}$	[MJ/a]	Énergie auxiliaire pour les différents producteurs de chaleur i dans les domaines approvisionnés j (attention à l'unité)

3.6 Tableaux de référence Chauffage et Eau chaude sanitaire

Les désignations HWWxx correspondent aux désignations utilisées dans le Manuel CECB V5.1 destiné aux experts [4].

Tab. 2 **HWW04** Température moyenne du circuit de chauffage en relation avec les températures entrée/sortie et le surdimensionnement du producteur de chaleur, sans compensation hydraulique ou avec compensation hydraulique inconnue.

Dimensionnement entrée/sortie	Unité	Surdimensionnement				
		1	1,2	1,5	2	3
90/70	[°C]	66	63	59	56	53
70/55	[°C]	53	50	48	45	44
55/40	[°C]	43	41	40	38	37
45/35	[°C]	36	35	34	33	31
35/28	[°C]	30	29	28	27	27
30/25	[°C]	26	26	25	25	24

Tab. 3 **HWW05** Température moyenne du circuit de chauffage en relation avec les températures sortie/entrée et le surdimensionnement du producteur de chaleur, avec compensation hydraulique (connue).

Dimensionnement entrée/sortie	Unité	Surdimensionnement				
		1	1,2	1,5	2	3
90/70	[°C]	54	50	45	40	37
70/55	[°C]	44	41	38	34	32
55/40	[°C]	37	35	32	30	28
45/35	[°C]	32	30	28	27	25
35/28	[°C]	27	26	25	24	23
30/25	[°C]	24	24	23	23	22

Tab. 4 **HWW07** Rayon interne moyen du circuit de distribution pour chauffage et eau chaude en relation avec la catégorie du bâtiment.

Rayon interne	Unité	Habitat coll., hôtel	Habitat ind.	Administration, école, commerce, restaurant
Chauffage rayon interne vertical	[m]	0,0075	0,0065	0,0075
Chauffage rayon interne horizontal	[m]	0,0135	0,0065	0,0155
ECS rayon interne vertical	[m]	0,0085	0,0070	0,0085
ECS rayon interne horizontal	[m]	0,0085	0,0070	0,0085

Tab. 5 **HWW08** Durée d'exploitation annuelle $t_{be,dis}$ du réseau de distribution du chauffage en relation avec les besoins de chaleur pour le chauffage « centralisé » et « décentralisé + centralisé » (« décentralisé »: durée d'exploitation = 0 h/a).

Durée d'exploitation	Unité	QH,eff [MJ/(m ² a)] (attention à l'unité)		
		< 150	150 ≥ QH,eff < 300	≥ 300
Durée d'exploitation réseau de chauffage	[h/a]	4400	5400	6400

Tab. 6 **HWW09** Durée d'exploitation annuelle $t_{be,dis}$ du réseau de distribution de l'eau chaude sanitaire en relation avec le maintien de la chaleur.

Durée d'exploitation Eau chaude sanitaire	Unité	Circulation	Bande chauffante	Aucune
Habitat coll., hôtel	[h/a]	8760	300	300
Habitat ind.	[h/a]	6570	300	300
Administration, école, commerce, restaurant	[h/a]	3000	300	300

Tab. 7 **HWW10** Longueur moyenne des conduites de distribution de chaleur pour chauffage et eau chaude en relation avec la catégorie du bâtiment. Les longueurs moyennes sont basées sur [5].

Longueur des conduites de distribution de la chaleur	Unité	Habitat ind.	Habitat coll., admin., école, commerce, restaurant, hôtel
Chauffage longueur, vertical	[m/m ²]	0,45	0,41
Chauffage longueur, horizontal	[m/m ²]	0,24	0,10
Chauffage longueur, vertical	[m/m ²]	0,13	0,11
Eau chaude longueur, horizontal	[m/m ²]	0,07	0,03

Tab. 8 Listes déroulantes pour différents paramètres.

Type d'approvisionnement en chaleur	Compensation hydraulique	Type d'accumulateur	Maintien de la chaleur Eau chaude	Emplacement des conduites de distribution horizontales	État de l'isolation des conduites de distribution
Centralisé	Oui	Aucun	Aucun	À l'extérieur de l'enveloppe thermique du bâtiment	Isolées
Décentralisé	Non	Chauffage	Circulation	À l'intérieur de l'enveloppe thermique du bâtiment	Non isolées
Centralisé + décentralisé	Partielle	Eau chaude sanitaire	Bande chauffante	-	Partielle
-	-	Accumulateur combiné	-	-	-
-	-	Accumulateur solaire	-	-	-

Exemple de lecture:

Il est possible de choisir ce qui suit concernant le maintien de la chaleur pour l'eau chaude: aucun système, système de circulation ou bande chauffante.

Tab. 9 Facteurs pour le calcul de l'énergie auxiliaire en relation avec le producteur de chaleur

Producteur de chaleur WE	Facteur pompe de circulation*	Facteur chaudière	Facteur groupe auxiliaire
	$f_{WE,au}$	$f_{WE,af}$	$f_{WE,ae}$
Chaudière à mazout	1	1	1
Chaudière au mazout, à condensation	1	1	1
Chaudière à gaz	1	1	0,3
Chaudière à gaz, à condensation	1	1	0,3
Chaudière à bois	1	1	4
Chaudière à pellets	1	1	4
Chaleur à distance (issue d'une UIOM, STEP, industrie)	1	0	0
Approvisionnement en chaleur d'un quartier avec CCF	0	0	1
Mini CCF	1	1	1
Chauffage électrique central à accumulation	0	0	0
Chauffage électrique direct	0	0	0
Chauffe-eau électrique	0	0	0
Pompe à chaleur air extérieur	0	0	0
Pompe à chaleur géothermique	0	0	0
Pompe à chaleur eaux usées	0	0	0
Pompe à chaleur eaux souterraines, direct	0	0	0
Pompe à chaleur eaux souterraines, indirect	0	0	0
Pompe à chaleur échangeur air-sol	0	0	0
Appareil de ventilation avec PAC extraction d'air/air pulsé, avec RC	0	0	0
Appareil de ventilation avec PAC extraction d'air/air pulsé, sans RC	0	0	0
Appareil de ventilation avec PAC extraction d'air (pas d'air pulsé)	0	0	0
PAC compacte avec extraction d'air/air pulsé et RC	0	0	0
PAC compacte avec extraction d'air/air pulsé sans RC	0	0	0
Energie solaire thermique	1	1,1	1,1

*En ce qui concerne les pompes à chaleur, le courant pour la pompe à chaleur et le groupe auxiliaire est contenu dans le COP.

4 Ventilation

4.1 Généralités

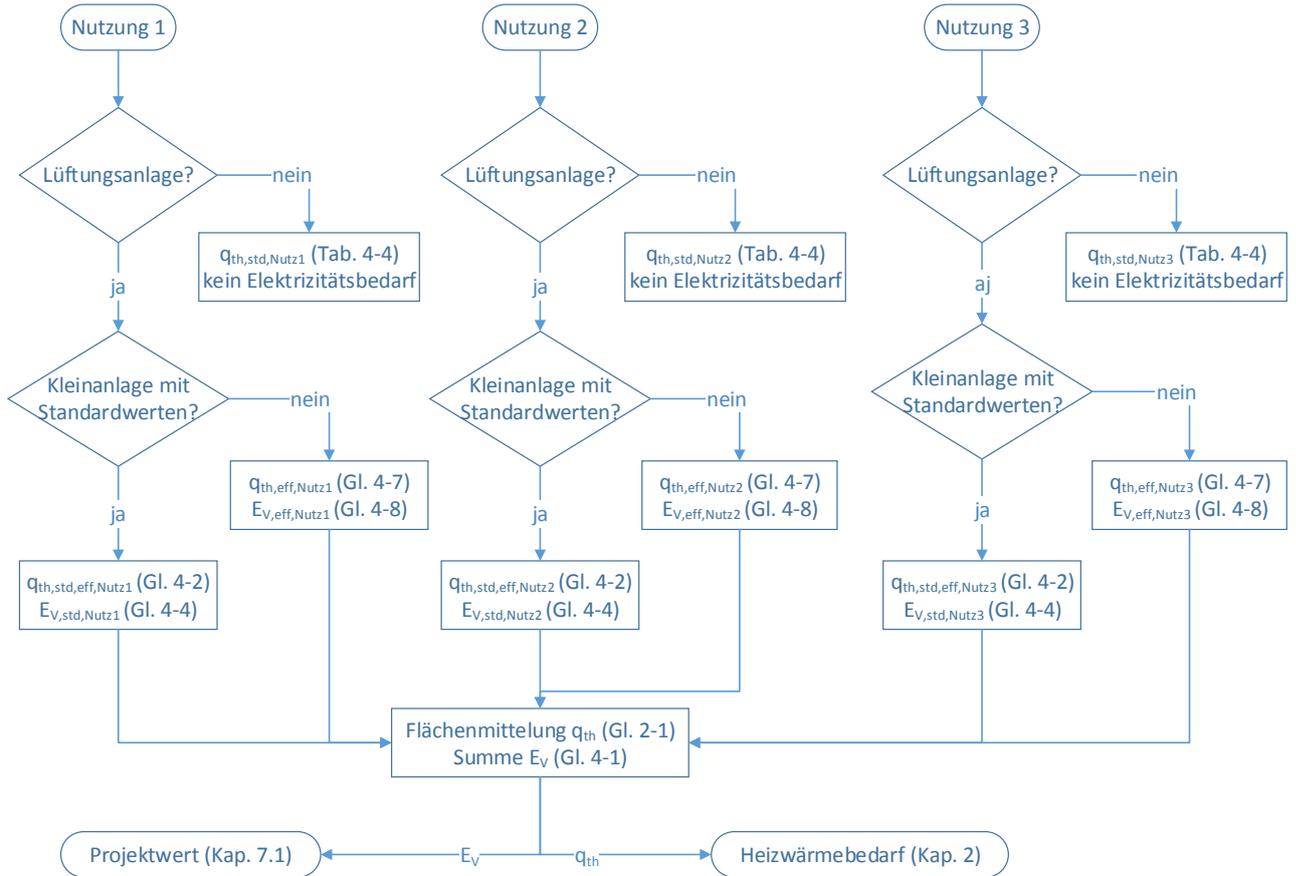
Pour les mais. ind. / imm. coll. jusqu'à 2000 m² et pour les administrations/écoles jusqu'à 1000 m², il est possible de réaliser un calcul très simplifié de la ventilation basé sur les petites installations avec valeurs standards. Pour tous les autres cas, il convient d'effectuer un calcul externe pour les besoins en électricité annuels et le débit d'air neuf. Le calcul de la ventilation correspond à la méthode de MINERGIE [6].

Le type de ventilation est défini par affectation, c'est-à-dire qu'en cas d'affectations mixtes, il peut y avoir jusqu'à trois variantes différentes de ventilations (Ill. 5). Les débits d'air neuf thermiquement actifs, calculés par affectation et rapportés à la surface, sont compilés en une valeur globale pondérée en fonction de la surface (analogue à l'Équation 1), qui est ensuite utilisée pour calculer les besoins de chaleur pour le chauffage $Q_{H,eff}$ (chap. 2). Le besoin en électricité pour la ventilation E_V se calcule à partir de la somme des différentes affectations.

Besoin en électricité pour la ventilation E_V

$E_V = \sum_{n=1}^{N_{Nutz}} (E_{V,std,Nutz} + E_{V,eff,Nutz})_n$	[kWh/a]	Équation 17
---	---------	-------------

n	[-]	Index courant pour nombre d'affectations N_{Nutz} ($n = 1 \dots N_{Nutz}$), selon lequel il peut y avoir, par affectation, soit un besoin en électricité pour les petites installations avec des valeurs standard, soit un besoin en électricité pour les autres installations de ventilation.
$E_{V,std,Nutz}$	[kWh/a]	Besoin en électricité pour les petites installations avec des valeurs standard, chap. 4.2
$E_{V,eff,Nutz}$	[kWh/a]	Besoin en électricité pour les autres installations de ventilation, chap. 4.3



III. 5 Diagramme de flux – Calcul des débits d'air neuf actifs effectifs et des besoins en électricité.

Remarque

Si l'affectation de l'imm. coll. fait partie d'une affectation mixte, le besoin en électricité pour l'extraction d'air (hottes aspirantes, salle de bains/WC) est ramené à 0 kWh/a si l'une des affectations au moins dispose d'une installation de ventilation.

4.2 Petites installations avec valeurs standard

Les petites installations avec valeurs standard requièrent les données suivantes:

- Choix de l'installation de ventilation (selon Tab. 10)
- Nombre de pièces avec air pulsé (habitat) ou nombre de personnes (administration/école) - (saisie libre)
- Choix de l'échangeur de chaleur (selon Tab. 14)
- Choix du moteur de ventilation (selon Tab. 15)

Débit d'air neuf thermiquement actif

Le débit d'air neuf thermiquement actif $q_{th, std, eff, Nutz}$ pour les petites installations avec valeurs standard se calcule comme suit pour chaque affectation:

$q_{th, std, eff, Nutz} = \frac{V'_{Luft, Nutz} * V'_{Nenn, Nutz, eff}}{V'_{Nenn, Nutz} * A_{E, Nutz}} * (1 - \eta_{WT}) + v_0$	[m ³ /(h m ²)]	Équation 18
---	---------------------------------------	-------------

$V'_{Luft, Nutz}$	[m ³ /h]	Débit d'air de l'affectation selon Tab. 11
$V'_{Nenn, Nutz}$	[m ³ /h]	Débit volumique nominal de l'affectation selon Tab. 12
$V'_{Nenn, Nutz, eff}$	[m ³ /h]	Débit volumique nominal effectif de l'affectation selon Équation 19
$A_{E, Nutz}$	[m ²]	Surface de référence énergétique de l'affectation
η_{WT}	[-]	Rendement de la récupération de chaleur de l'échangeur thermique selon Tab. 14
v_0	[m ³ /(h m ²)]	Débit volumique d'infiltration rapporté à la surface (constant) $v_0 = 0,15 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$

Le débit volumique nominal effectif $V'_{Nenn,Nutz,eff}$ se calcule, en relation avec l'affectation, comme suit:

$$V'_{Nenn,Nutz,eff} = \max\left(N_{RaumPers}; \text{ceil}\left(\frac{A_{E,Nutz}}{V'_{min,Nutz}} \cdot f_{corr}\right)\right) * V'_{Nenn,Nutz} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad \text{Équation 19}$$

$N_{RaumPers}$	[-]	Nombre de pièces avec air pulsé (habitat) ou nombre de personnes (administration/école)
$A_{E,Nutz}$	[m ²]	Surface de référence énergétique de l'affectation
$V'_{min,Nutz}$	[m ³ /h]	Débit volumique minimal de l'affectation selon Tab. 13
$V'_{Nenn,Nutz}$	[m ³ /h]	Débit volumique nominal de l'affectation selon Tab. 12
ceil()	[-]	Le contenu entre parenthèses est arrondi au prochain nombre entier supérieur
f_{corr}	[m/h]	Facteur de correction des unités, $f_{corr} = 1 \text{ m/h}$

Besoin en électricité

Le besoin en électricité $E_{V,std,Nutz}$ pour les petites installations avec valeurs standard se calcule comme suit pour chaque affectation:

$$E_{V,std,Nutz} = \frac{t_{be,V}}{1000} * E_{spez,Nutz} * V'_{Nenn,Nutz,eff} * K_{Antrieb} \quad [\text{kWh/a}] \quad \text{Équation 20}$$

$t_{be,V}$	[h]	Durée d'exploitation d'une petite installation avec valeurs standard
$E_{spez,Nutz}$	[kWh/(m ² a)]	Besoin en électricité spécifique à l'affectation selon Tab. 10
$V'_{Nenn,Nutz,eff}$	[m ³ /h]	Débit volumique nominal effectif de l'affectation selon Tab. 12
$K_{Antrieb}$	[1/m]	Paramètre en relation avec le moteur de la ventilation selon Tab. 15

La durée $t_{be,V}$ se calcule comme suit:

Habitation

$t_{be,V} = 8736$	[h]	Équation 21
-------------------	-----	-------------

Cette période comprend l'entretien (changement de filtre, nettoyage et, tous les deux ou trois ans, travaux d'entretien et de maintenance importants).

Administration et école

$t_{be,V} = \frac{V'_{Luft,Nutz}}{V'_{Nenn,Nutz}} * 8760$	[h]	Équation 22
---	-----	-------------

$V'_{Luft,Nutz}$	[m ³ /h]	Débit d'air de l'affectation selon Tab. 11
$V'_{Nenn,Nutz}$	[m ³ /h]	Débit volumique nominal de l'affectation selon Tab. 12

4.3 Autres installations de ventilation

Les installations de ventilation qui n'appartiennent pas à la catégorie des petites installations avec valeurs standard nécessitent des saisies pour le débit d'air neuf et le besoin en électricité des programmes externes.

Les saisies suivantes sont nécessaires (saisie libre):

- Débit d'air neuf (toujours)
- Besoin en électricité pour la ventilation + protection contre le gel $E_{V,Nutz}$ (toujours)
- Besoin en électricité pour le froid $E_{C,Nutz}$ (uniquement pour le refroidissement, le refroidissement+humidification)
- Besoin en électricité pour la climatisation et l'humidification $E_{hu,Nutz}$ (uniquement pour l'humidification, le refroidissement+humidification)

Débit d'air neuf thermiquement actif

Le débit d'air neuf effectif thermiquement actif $q_{th,eff,Nutz}$ se calcule comme suit pour chaque affectation:

$q_{th,eff,Nutz} = \frac{V'_{th}}{A_{E,Nutz}} + v_o$	[m ³ /(h m ²)]	Équation 23
--	---------------------------------------	-------------

V'_{th}	[m ³ /h]	Débit d'air neuf (saisie libre)
$A_{E,Nutz}$	[m ²]	Surface de référence énergétique de l'affectation
v_o	[m ³ /(h m ²)]	Débit volumique d'infiltration rapporté à la surface (constant) $v_o = 0,15 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$

Besoin en électricité

Le besoin en électricité $E_{V,eff,Nutz}$ se calcule à partir du besoin en électricité pour la ventilation + protection contre le gel $E_{V,Nutz}$, le besoin en électricité pour le refroidissement $E_{C,Nutz}$ et le besoin en électricité pour la climatisation et l'humidification $E_{hu,Nutz}$.

$E_{V,eff,Nutz} = E_{V,Nutz} + E_{C,Nutz} + E_{hu,Nutz}$	[kWh/a]	Équation 24
--	---------	-------------

$E_{V,Nutz}$	[kWh/a]	Besoin en électricité pour la ventilation + protection contre le gel
$E_{C,Nutz}$	[kWh/a]	Besoin en électricité pour le froid, lorsque <ul style="list-style-type: none"> ▪ Refroidissement ▪ Refroidissement+humidification ▪ sinon $E_{C,Nutz} = 0$
$E_{hu,Nutz}$	[kWh/a]	Besoins en électricité pour la climatisation et l'humidification, lorsque <ul style="list-style-type: none"> ▪ Humidification ▪ Refroidissement+humidification ▪ sinon $E_{hu,Nutz} = 0$

4.4 Tableau de référence Ventilation

Tab. 10 Besoin en électricité spécifique, valeurs standard pour les petites installations, $E_{s,pez,Nutz}$ [6].

Choix de la ventilation	Besoin en électricité spécifique, [kWh/(m ² a)]			
	Imm. coll.	Mais. ind.	Adminis- tration	École
Installation d'air repris / d'extraction d'air sans RC	0,94	0,94	0,88	0,88
Installation d'air repris / d'extraction d'air avec RC	0,94	0,94	0,88	0,88
Installation d'air repris / d'extraction d'air avec pompe à chaleur	1,14	1,14	0,98	0,88
Installation d'air repris sans RC	0,58	0,58	0,58	0,58
Installation d'air repris avec RC	0,68	0,68	0,68	0,68
Ventilation par pièce avec RC	0,70	0,70	0,70	0,70
Aération automatique par les fenêtres	0,012	0,012	0,032	0,032

Tab. 11 Débit d'air/unité, valeurs standard pour les petites installations, $V'_{Luft,Nutz}$ [6].

Choix de la ventilation	Débit d'air, [m ³ /h]			
	Imm. coll.	Mais. ind.	Adminis- tration	École
Installation d'air repris / d'extraction d'air sans RC	26,2	26,2	8,6	4,6
Installation d'air repris / d'extraction d'air avec RC	26,2	26,2	8,6	4,6
Installation d'air repris / d'extraction d'air avec pompe à chaleur	35,1	35,1	11,4	6,0
Installation d'air repris sans RC	35,1	35,1	11,4	6,0
Installation d'air repris avec RC	35,1	35,1	11,4	6,0
Ventilation par pièce avec RC	26,2	26,2	8,6	4,6
Aération automatique par les fenêtres	40,0	40,0	40,0	33,0

Tab. 12 Débit volumique nominal/unité, valeurs standard pour les petites installations, $V'_{Luft,Nutz}$ [6].

Choix de la ventilation	Débit volumique nominal, [m ³ /h]			
	Imm. coll.	Mais. ind.	Adminis- tration	École
Installation d'air repris / d'extraction d'air sans RC	30	30	30	25

Installation d'air repris / d'extraction d'air avec RC	30	30	30	25
Installation d'air repris / d'extraction d'air avec pompe à chaleur	40	40	40	33
Installation d'air repris sans RC	40	40	40	33
Installation d'air repris avec RC	40	40	40	33
Ventilation par pièce avec RC	30	30	30	25
Aération automatique par les fenêtres	40	40	40	33

Tab. 13 Débits volumiques standard V'_{min} et débits volumiques d'air neuf standard rapportés à l'affectation $Q_{th, std, Nutz}$.

Débits volumiques	Unité	Imm. coll. Mais. ind.	Ad-ministration	École	Com-merce	Res-taurant	Hôtel
$V'_{min, Nutz}$ [6]	[m ³ /h]	50	20	10	-	-	-
Débit volumique d'air neuf standard rapporté à la surfac $Q_{th, std, Nutz}$ selon SIA 380/1:2016	[m ³ /(h m ²)]	0,7	0,7	0,7	0,7	1,2	0,7

Tab. 14 Liste déroulante Échangeur de chaleur et Rendement de la récupération de chaleur, η_{WT} [6]

Liste déroulante Échangeur de chaleur	Rendement [-]
Aucun échangeur de chaleur	0%
Courant croisé	45%
Courant inversé	70%
Échangeur rotatif	70%

Tab. 15 Liste déroulante et paramètre pour le moteur du ventilateur [6].

Liste déroulante pour le moteur du ventilateur	$K_{Antrieb}$ [1/m]
Aucun ventilateur	1
Moteur AC	1
Moteur DC/EC	0,5

5 Rendement électrique issu du photovoltaïque et de la cogénération / du CCF

5.1 Photovoltaïque

Dans l'étiquette, seule l'autoconsommation ainsi que 40 % du courant injecté dans le réseau sont pris en compte (analogue à Minergie [7]).

Le rendement électrique imputable $E_{PV,anr}$ issu d'une installation photovoltaïque se calcule comme suit:

$E_{PV,anr} = E_{PV} * (EVR + f_{Netz} * (1 - EVR))$	[kWh/a]	Équation 25
--	---------	-------------

E_{PV}	[kWh/a]	Rendement de l'installation photovoltaïque, saisie libre
PA	[-]	Part d'autoconsommation selon justificatif avec PVopti [8] ou 0,2
f_{Netz}	[-]	Part imputable de l'injection dans le réseau: $f_{Netz} = 0,4$

5.2 Cogénération / CCF

Le rendement électrique $E_{WKK,anr}$ issu de la cogénération / du CCF est entièrement pris en compte dans l'étiquette:

$E_{WKK,anr} = E_{WKK}$	[kWh/a]	Équation 26
-------------------------	---------	-------------

E_{WKK}	[kWh/a]	Rendement électrique issu de la cogénération / du CCF, saisie libre
-----------	---------	---

6 Électricité

6.1 Généralités

Les besoins totaux en électricité $E_{el, std}$ sont constitués de la somme des différentes affectations. Les besoins en électricité sont calculés pour chaque affectation selon le chap. 6.2 (habitat) et 6.4 (bâtiments non résidentiels)

Besoins en électricité $E_{el, std}$:

$E_{el, std} = \sum_{n=1}^{N_{Nutz}} (E_{el, std, Nutz})_n$	[kWh/a]	Équation 27
---	---------	-------------

n	[-]	Index courant pour nombre d'affectations N_{Nutz} , $n = 1 \dots N_{Nutz}$
$E_{el, std, Nutz, n}$	[kWh/a]	Besoins en électricité des différentes affectations n

Remarque

Le CECB dispose d'un facteur pour le degré d'équipement. Celui-ci étant toujours placé sur « standard = 1 » pour l'étiquette, le degré d'équipement n'est pas pris en compte ici. Ceci concerne les catégories suivantes:

- éclairage (habitat/bâtiments non résidentiels)
- petits appareils et électronique (habitat)
- équipements d'exploitation et appareils (bâtiments non résidentiels)

6.2 Habitat

6.2.1 Généralités

Pour l'affectation Habitat (mais. ind./imm. coll.), l'étiquette doit contenir un équipement minimal comprenant des appareils (Tab. 16). Tous les consommateurs à disposition peuvent être sélectionnés par catégorie à partir de listes fixes.

Tab. 16 Exigences minimales en termes d'équipement en appareils pour l'habitat

Catégorie	Exigences minimales	Liste déroulante
Appareils et installations, A+I (G+I dans les formules)	Plaques de cuisson électriques ou à gaz (= 1 plaque de cuisson/appartement) Four électrique ou à gaz (= 1 four/appartement) Réfrigérateur avec ou sans congélateur >/< 160l (= 1 réfrigérateur/appartement) Pour chaque réfrigérateur sans congélateur, au moins un congélateur séparé doit être saisi (nombre de réfrigérateurs sans congélateur = nombre de congélateurs séparés) Lave-linge (au moins 1 par bâtiment, et non par appartement)	Tab. 17
Petits appareils et électronique, P+E (K+E dans les formules)	Au moins 80% de la surface de référence énergétique doit être occupée par les petits appareils et l'électronique	Tab. 20
Éclairage, écl.	Au moins 80% de la surface de référence énergétique doit être occupée par l'éclairage	Tab. 21

Le besoin en électricité $E_{el, std, Nutz}$ pour l'habitat est calculé selon l'Équation 28:

$E_{el, std, Nutz} = \left(\sum E_{G+I} + \sum E_{K+E} + \sum E_{Bel} + \sum E_{WVA} \right) * f_b$	[kWh/a]	Équation 28
--	---------	-------------

E_{A+I}	[kWh/a]	Besoin en électricité pour les appareils et les installations
E_{P+E}	[kWh/a]	Besoin en électricité pour les petits appareils et l'électronique
E_{ecl}	[kWh/a]	Besoin en électricité pour l'éclairage
E_{ACE}	[kWh/a]	Besoin en électricité pour autres consommateurs
f_b	[-]	Le facteur d'occupation traduit la différence des besoins par rapport à un appartement 3 pièces dans la moyenne (Équation 29)

Facteur d'occupation f_r (en s'appuyant sur la SIA 2031:2016 [9])

$f_b = 1 - \frac{N_{Zimmer} - 3}{10}$	[-]	Équation 29
---------------------------------------	-----	-------------

N_{Zimmer}	[-]	Nombre moyen de pièces de tous les appartements, max. $N_{Zimmer} = 7$ (détermination par le CECB)
--------------	-----	--

6.2.2 Appareils et installations, A+I (G+I)

Appareils sans raccordement à l'eau

À partir du Tab. 17, les types d'appareils suivants sans raccordement à l'eau peuvent être sélectionnés:

- Réfrigérateur
- Congélateurs séparés, si réfrigérateur sans congélateur
- Plaque de cuisson
- Four / steamer
- Hotte aspirante cuisine
- Aspiration Salle de bains/WC
- Séchage du linge (sèche-linge, séchoir à air pulsé)
- Ascenseur

À l'exception du sèche-linge, le besoin en électricité se calcule comme suit pour chaque type d'appareil:

$E_{G+I} = \sum_{k=1}^{N_{Typ}} (N_{Geräte} * E_{Qualität, G+I})_k$	[kWh/a]	Équation 30
---	---------	-------------

k	[-]	Index courant pour le nombre de types d'appareils N_{Typ} , $k = 1 \dots N_{Typ}$
N_{App}	[-]	Nombre d'appareils par type
$E_{Qualität,A+I}$	[kWh/a]	Besoin en électricité d'un appareil en relation avec la qualité selon Tab. 17

Pour le sèche-linge, s'applique:

$E_{G+I} = \left(N_{Whg} - 1 + \frac{N_{Geräte}}{N_{Whg}} \right) * E_{Qualität,G+I} * \frac{2}{3}$	[kWh/a]	Équation 31
--	---------	-------------

N_{Whg}	[-]	Nombre d'appartements dans le bâtiment
N_{App}	[-]	Nombre de sèche-linges
$E_{Qualität,A+I}$	[kWh/a]	Besoin en électricité en relation avec la qualité, Tab. 17

Le facteur 2/3 tient compte qu'en dépit du sèche-linge, un tiers du linge en moyenne est séché sur un étendage [10].

Cas particulier « cuisson au gaz » (plaques de cuisson et four au gaz naturel)

Si l'on sélectionne « cuisson au gaz », le besoin en gaz pour les plaques de cuisson et le four est saisi à l'aide de l'Équation 32 et l'on attribue l'agent énergétique « gaz naturel ».

$E_{GasKB} = (N_{GeräteK} \cdot E_{GasK} + N_{GeräteB} \cdot E_{GasB}) \cdot f_b$	[kWh/a]	Équation 32
---	---------	-------------

$N_{GeräteK}$ bzw. B	[-]	Nombre de plaques de cuisson et de fours
E_{GasK} , E_{GasB}	[kWh/a]	Besoin en gaz selon Tab. 18
f_r	[-]	Le facteur d'occupation traduit la différence des besoins par rapport à un appartement 3 pièces dans la moyenne (Équation 29)

Appareils avec raccordement à l'eau

Les appareils suivants peuvent être sélectionnés avec ou sans raccordement à l'eau chaude:

- lave-vaisselle et
- lave-linge

Le besoin en électricité pour les lave-vaisselles avec/sans raccordement à l'eau chaude est calculé selon l'Équation 33:

$E_{G+I} = (N_{Geräte} \cdot E_{Qualität,G+I})_{mit} + (N_{Geräte} \cdot E_{Qualität,G+I})_{ohne}$	[kWh/a]	Équation 33
--	---------	-------------

N_{App}	[-]	Nombre de lave-vaisselles avec/sans raccordement à l'eau chaude
$E_{Qualität,A+I}$	[kWh/a]	Besoin en électricité en relation avec la qualité pour les lave-linges avec/sans raccordement à l'eau chaude, Tab. 17

Le besoin en électricité des lave-linges avec/sans raccordement à l'eau chaude résulte de l'Équation 34:

$E_{G+I} = \left(N_{Whg} - 1 + \frac{N_{Geräte,mit}}{N_{Whg}} \right) \cdot E_{Qualität,G+I,mit} \cdot f_{WW,mit} + \left(N_{Whg} - 1 + \frac{N_{Geräte,ohne}}{N_{Whg}} \right) \cdot E_{Qualität,G+I,ohne} \cdot f_{WW,ohne}$	[kWh/a]	Équation 34
--	---------	-------------

N_{Whg}	[-]	Nombre d'appartements dans le bâtiment
$N_{Geräte,mit}$ $N_{Geräte,ohne}$	[-]	Nombre de lave-linges avec/sans raccordement à l'eau chaude
$E_{Qualität,G+I,mit}$ $E_{Qualität,G+I,ohne}$	[kWh/a]	Besoin en électricité en relation avec la qualité pour les lave-linges avec/sans raccordement à l'eau chaude, Tab. 17
$f_{ww,mit}$ $f_{ww,ohne}$	[-]	Part de lave-linges avec/sans raccordement à l'eau chaude sur la somme totale des machines à laver: $f_{WW,mit} = N_{Geräte,mit} / (N_{Geräte,mit} + N_{Geräte,ohne})$ $f_{WW,ohne} = 1 - f_{WW,mit}$

Si l'on sélectionne des machines à laver et/ou des lave-vaisselles avec raccordement à l'eau chaude, les besoins en énergie utile pour l'eau chaude doivent être calculés en plus des besoins en électricité correspondants selon l'Équation 35 et l'Équation 36. Le besoin en eau chaude supplémentaire est pris en compte lors du calcul de l'énergie finale de l'eau chaude (chap. 3.4, Équation 10).

Besoins en énergie utile supplémentaires Eau chaude lave-vaisselle:

$Q_{WW_Spül} = N_{Geräte,mit} \cdot Q_{W_Spül}$	[kWh/a]	Équation 35
---	---------	-------------

$N_{Geräte,mit}$	[-]	Nombre de lave-vaisselles avec raccordement à l'eau chaude
$Q_{W_Spül}$	[kWh/a]	Besoins en chaleur supplémentaires pour l'eau chaude d'un lave-vaisselle, Tab. 19

Besoins en énergie utile supplémentaires Eau chaude lave-linge:

$Q_{WW_Wasch} = \left(N_{Whg} - 1 + \frac{N_{Geräte,mit}}{N_{Whg}} \right) \cdot f_{WW,mit} \cdot Q_{W_Wasch}$	[kWh/a]	Équation 36
---	---------	-------------

N_{Whg}	[-]	Nombre d'appartements dans le bâtiment
$N_{Geräte,mit}$	[-]	Nombre de lave-linges avec raccordement à l'eau chaude
$f_{WW,mit}$	[-]	Part de lave-linges avec raccordement à l'eau chaude sur la somme totale des lave-linges
Q_{W_Wasch}	[kWh/a]	Besoins en chaleur supplémentaires pour l'eau chaude d'un lave-linge, Tab. 19

6.2.3 Petits appareils et électronique, P+E (K+E)

Le besoin en électricité pour les petits appareils et l'électronique est calculé pour chaque affectation des pièces sélectionnée (Tab. 20):

$E_{K+E} = \sum_{k=1}^{N_{RNutz}} (E_{Basisbedarf,K+E} \cdot A_{RNutz,K+E})_k$	[kWh/a]	Équation 37
--	---------	-------------

k	[-]	Index courant pour nombre d'affectations des pièces N_{RNutz} , $k = 1 \dots N_{RNutz}$
$E_{Basisbedarf,A+E}$	[kWh/(m ² a)]	Tab. 20
$A_{RNutz,A+E}$	[m ²]	Surface de référence énergétique, pour l'affectation des pièces sélectionnée

6.2.4 Éclairage Écl

Le besoin en électricité pour l'éclairage est calculé pour chaque affectation des pièces sélectionnée (Tab. 21):

$E_{Bel} = \sum_{k=1}^{N_{RNutz}} (E_{Basisbedarf,Bel} \cdot f_{Qualität,Bel} \cdot A_{RNutz,Bel})_k$	[kWh/a]	Équation 38
---	---------	-------------

k	[-]	Index courant pour nombre d'affectations des pièces N_{RNutz} , $k = 1 \dots N_{RNutz}$
$E_{Basisbedarf,ecl}$	[kWh/(m ² a)]	Besoin en électricité en relation avec l'affectation des pièces, Tab. 21

$f_{\text{Qualität,ecl}}$	[-]	Facteur visant l'échelle des besoins de base sur la qualité sélectionnée, Tab. 22
$A_{\text{RNutz,ecl}}$	[m ²]	Surface de référence énergétique, pour l'affectation par pièce sélectionnée

6.2.5 Autres consommateurs ACE (WVA)

Il est possible ici d'effectuer une saisie libre des autres consommateurs faisant partie du bâtiment. Il peut s'agir p. ex. de l'éclairage du garage ou de la terrasse:

$E_{WVA} = \sum_{k=1}^{N_{Typ}} (N_{Geräte} \cdot P_{el} \cdot t_{be,WVA})_k$	[kWh/a]	Équation 39
---	---------	-------------

k	[-]	Index courant pour le nombre de types d'appareils N_{Typ} , k = 1 ... N_{Typ}
N_{App}	[-]	Nombre d'appareils
P_{el}	[kW]	Performance d'un appareil
$t_{be,WVA}$	[h]	Durée d'exploitation de l'appareil

6.3 Tableau de référence Habitation

Les désignations **Réf C3.3.x** correspondent aux désignations utilisées dans le Manuel CECB V5.1 destiné aux experts [4].

Tab. 17 Habitation: liste déroulante et valeurs de base des différentes qualités pour les appareils et les installations, $E_{Qualität,A+I}$. (Réf C3.3.1-4, C3.3.6-10)

Mais. ind., imm. locatif Type d'appareils	Qualité A+I [kWh/a]			
	Très bonne	Bonne	Standard	Mauvaise
Plaques de cuisson	90	95	100	120
(plaques de cuisson au gaz)	-	-	-	-
Four	40	45	50	80
(four au gaz)	-	-	-	-
Réfrigérateur > 160 l sans congélateur	70	120	230	280
Réfrigérateur > 160 l avec congélateur	110	190	250	300
Réfrigérateur < 160 l sans congélateur	65	100	200	240
Réfrigérateur < 160 l avec congélateur	90	150	210	260
Grand congélateur	120	135	170	210
Petit congélateur	100	125	150	190
Lave-vaisselle, sans eau chaude	250	300	350	400
Lave-vaisselle, avec eau chaude	160	190	230	270
Lave-linge, sans eau chaude	150	225	350	400
Lave-linge, avec eau chaude	120	170	230	270
Sèche-linge	300	325	350	400
Sèche-linge, air ambiant	230	270	290	350
Ascenseur	400	510	550	700
Hotte de cuisine	50	60	75	90
Extraction air vicié Salle de bains/WC	50	60	75	90

Tab. 18 Habitation: valeurs de base pour cuisson plaques/four au gaz, E_{GasKB} . (C3.3.9)

Mais. ind., imm. locatif	Énergie finale gaz naturel cuisson plaques/four [kWh/a]
Cuisinière au gaz naturel	120
Four au gaz naturel	80

Tab. 19 Habitation: valeurs de base pour les appareils et les installations: énergie utile eau chaude pour les lave-linges et les lave-vaisselles avec raccordement à l'eau chaude, Q_{W_Wasch} , $Q_{W_Spül}$ (Ref C3.3.5)

Mais. ind., imm. locatif	Énergie utile eau chaude [kWh/a]
Lave-linge, avec eau chaude	40
Lave-vaisselle, avec eau chaude	40

Tab. 20 Habitation: valeurs de base pour les petits appareils et l'électronique, $E_{Basisbedarf,A+E}$ (Ref C3.3.11)

Mais. ind., imm. locatif	Besoins de base, P+E [kWh/(m ² a)]
Appartement	8
Cage d'escalier	2
Bureau	10
Cave, combles	2
Locaux de rangement, garage, atelier, not.	4

Tab. 21 Habitation: valeurs de base pour l'éclairage, $E_{Basisbedarf,ecl}$ (Ref C3.3.13)

Mais. ind., imm. locatif	Besoins de base, Ecl [kWh/(m ² a)]
Appartement	5
Cage d'escalier	2
Bureau	7
Cave, combles	1
Locaux de rangement, garage, atelier, not.	2

Tab. 22 Habitation: facteur pour l'évaluation de la qualité de l'éclairage, $f_{\text{Qualität,ecl}}$ Ref C3.3.15)

Mais. ind., imm. locatif	Qualité, éclairage [-]			
	75-100 % lampes effi- caces + régu- lation	75-100 % lampes effi- caces	25-75 % lampes effi- caces	0-25 % lampes effi- caces
Appartement	0,4	0,7	1	1,3
Cage d'escalier	0,4	0,7	1	1,3
Bureau	0,4	0,7	1	1,3
Cave, combles	0,4	0,7	1	1,3
Locaux de range- ment, garage, ate- lier, not.	0,4	0,7	1	1,3

6.4 Bâtiments non résidentiels

6.4.1 Généralités

Le besoin en électricité $E_{el, std, Nutz}$ pour les bâtiments non résidentiels est calculé selon l'Équation 40:

$$E_{el, std, Nutz} = \sum E_{B+G} + \sum E_{Bel} + \sum E_{WVA} \quad [\text{kWh/a}] \quad \text{Équation 40}$$

E_{B+G}	[kWh/a]	Besoin en électricité pour les équipements d'exploitation et les appareils
E_{ecl}	[kWh/a]	Besoin en électricité pour l'éclairage
E_{ACE}	[kWh/a]	Besoin en électricité pour autres consommateurs

6.4.2 Équipements d'exploitation et appareils B+G

Pour les équipements d'exploitation et les appareils, le besoin en électricité E_{B+G} est calculé comme suit:

$$E_{B+G} = \sum_{k=1}^{N_{RNutz}} \left(E_{Basisbedarf, B+G} \cdot f_{Qualität, B+G} \cdot A_{RNutz, B+G} \right)_k \quad [\text{kWh/a}] \quad \text{Équation 41}$$

k	[-]	Index courant pour nombre d'affectations des pièces N_{RNutz} , $k = 1 \dots N_{RNutz}$
$E_{Basisbedarf, B+G}$	[kWh/(m ² a)]	Besoin en électricité en relation avec l'affectation de la pièce: Administration: Tab. 23 École: Tab. 25 Commerce: Tab. 27 Restaurant: Tab. 29 Hôtel: Tab. 31
$f_{Qualität, B+G}$	[-]	Facteur visant l'échelle des besoins de base sur la qualité sélectionnée: Administration: Tab. 24 École: Tab. 26 Commerce: Tab. 28 Restaurant: Tab. 30 Hôtel: Tab. 32
$A_{RNutz, B+G}$	[m ²]	Surface de référence énergétique, pour l'affectation par pièce sélectionnée

6.4.3 Éclairage Écl

Pour le besoin en électricité pour l'éclairage E_{Bel} s'applique:

$E_{Bel} = \sum_{k=1}^{N_{RNutz}} (E_{Basisbedarf, Bel} \cdot f_{Qualität, Bel} \cdot A_{RNutz, Bel})_k$	[kWh/a]	Équation 42
--	---------	-------------

k	[-]	Index courant pour nombre d'affectations des pièces N_{RNutz}
$E_{Basisbedarf, Bel}$	[kWh/(m ² a)]	Besoin en électricité en relation avec l'affectation de la pièce: Administration: Tab. 23 École: Tab. 25 Commerce: Tab. 27 Restaurant: Tab. 29 Hôtel: Tab. 31
$f_{Qualität, Bel}$	[-]	Facteur visant l'échelle des besoins de base sur la qualité sélectionnée: Administration: Tab. 24 École: Tab. 26 Commerce: Tab. 28 Restaurant: Tab. 30 Hôtel: Tab. 32
$A_{RNutz, Bel}$	[m ²]	Surface de référence énergétique, pour l'affectation par pièce sélectionnée

6.4.4 Autres consommateurs ACE (WVA)

Il s'agit d'une possibilité de saisir librement les autres consommateurs supplémentaires faisant partie du bâtiment pour toutes les affectations. Le besoin en électricité E_{WVA} est calculé comme suit:

$E_{WVA} = \sum_{k=1}^{N_{Typ}} (N_{Geräte} \cdot P_{el} \cdot t_{be, WVA})_k$	[kWh/a]	Équation 43
--	---------	-------------

k	[-]	Index courant pour nombre de type d'appareils N_{Typ} , $k = 1 \dots N_{Typ}$
N_{App}	[-]	Nombre d'appareils du type k
P_{el}	[kW]	Performance d'un appareil de type k
$t_{be, ACE}$	[h]	Durée d'exploitation de l'appareil de type k

6.5 Tableaux de référence Bâtiments non résidentiels

Les désignations **Réf C3.3.x** correspondent aux désignations utilisées dans le Manuel CECB V5.1 destiné aux experts [4].

6.5.1 Tableaux de référence Électricité Administration

Tab. 23 Administration: valeurs de base pour les équipements d'exploitation, les appareils et l'éclairage $E_{\text{Basisbedarf, B+G}}$, $E_{\text{Basisbedarf, ecl}}$ (Réf C3.3.20/23) (B+G [11], Écl [12] « état » avec conversion: surface de référence énergétique = 1,2 x surface nette)

Administration	Besoins de base B+G, Ecl [kWh/(m ² a)]	
	Équipements d'exploitation et appareils B+G	Éclairage Écl.
Accès et approvisionnement	2,2	9,7
Locaux annexes	2,2	7
Bureau	24,2	18,6
Locaux de rangement, garage, not.	3,6	3,8

Tab. 24 Administration: facteur pour l'évaluation de la qualité de l'équipement d'exploitation et des appareils, $f_{\text{Qualität, B+G}}$, $f_{\text{Qualität, Ecl}}$ (Réf C3.3.22/25)

Administration	B+G Ecl	Qualité B+G, Ecl [-]			
		Ultramoderne	Moderne	Standard	Ancienne
		75-100% lampes efficaces + régulation	75-100% lampes efficaces	25-75% lampes efficaces	0-25% lampes efficaces
Accès et approvisionnement		0,4	0,7	1	1,3
Locaux annexes		0,4	0,7	1	1,3
Bureau		0,4	0,7	1	1,3
Locaux de rangement, garage, not.		0,4	0,7	1	1,3

6.5.2 Tableaux de référence Électricité Écoles

Tab. 25 École: valeurs de base pour les équipements d'exploitation, les appareils et l'éclairage $E_{\text{Basisbedarf,B+G}}$, $E_{\text{Basisbedarf,ecl}}$ (Réf C3.3.30/33) (B+G [11], Écl [12] « état » avec conversion: surface de référence énergétique = 1,2 x surface nette)

École	Besoins de base B+G, Ecl [kWh/(m ² a)]	
	Équipements d'exploitation et appareils B+G	Éclairage Écl
Salle de classe	8,8	15,3
Salle des professeurs	7,6	11,2
Hall d'entrée	15,3	12,4
Couloir, accès	2,2	9,7
Salle de gymnastique	2,2	31,5
Vestiaires, douches, WC	2,2	7
Locaux annexes	2,2	7
Salle de chant, salle de réunion	0,2	2
Bureau	24,2	18,6
Locaux de rangement, garage, not.	3,6	3,8

Tab. 26 École: facteur pour l'évaluation de la qualité de l'équipement d'exploitation et des appareils, $f_{\text{Qualität,B+G}}$, $f_{\text{Qualität,ecl}}$ (Ref C3.3.32)

École	B+G Ecl	Qualité B+G, ecl [-]			
		Ultramoderne	Moderne	Standard	Ancienne
		75-100% lampes efficaces + régulation	75-100% lampes efficaces	25-75% lampes efficaces	0-25% lampes efficaces
Salle de classe		0,4	0,7	1	1,3
Salle des professeurs		0,4	0,7	1	1,3
Hall d'entrée		0,4	0,7	1	1,3
Couloir, accès		0,4	0,7	1	1,3
Salle de gymnastique		0,4	0,7	1	1,3
Vestiaires, douches, WC		0,4	0,7	1	1,3
Locaux annexes		0,4	0,7	1	1,3
Salle de chant, salle de réunion		0,4	0,7	1	1,3
Bureau		0,4	0,7	1	1,3
Locaux de rangement, garage, not.		0,4	0,7	1	1,3

6.5.3 Tableaux de référence Électricité Commerces

Tab. 27 Commerce: valeurs de base pour les équipements d'exploitation, les appareils et l'éclairage $E_{\text{Basisbedarf,B+G}}$, $E_{\text{Basisbedarf,Bel}}$ (Ref C3.3.36/37) (B+G [11], Ecl [12] « état » avec conversion: surface de référence énergétique = 1,2 x surface nette)

Commerces	Besoins de base B+G, Ecl [kWh/(m ² a)]	
	Équipements d'exploitation et appareils B+G	Éclairage Ecl
Magasin d'alimentation	11,8	77,5
Commerce spécialisé	9,1	77,5
Meubles, bricolage, jardinage	8,5	62
Surfaces de dégagement	2,2	9,7
Locaux annexes	2,2	7
Cage d'escalier	2,2	17,5
Bureau	24,2	18,6
Vestiaires, douches, WC	0	7

Tab. 28 Commerce: facteur pour l'évaluation de la qualité de l'équipement d'exploitation, des appareils et de l'éclairage, $f_{\text{Qualität,B+G}}$, $f_{\text{Qualität,Bel}}$ (Ref C3.3.39)

Commerces	B+G Ecl	Qualité B+G, Bel [-]			
		Ultramoderne	Moderne	Standard	Ancienne
		75-100% lampes efficaces + régulation	75-100% lampes efficaces	25-75% lampes efficaces	0-25% lampes efficaces
Magasin d'alimentation		0,4	0,7	1	1,3
Commerce spécialisé		0,4	0,7	1	1,3
Meubles, bricolage, jardinage		0,4	0,7	1	1,3
Surfaces de dégagement		0,4	0,7	1	1,3
Locaux annexes		0,4	0,7	1	1,3
Cage d'escalier		0,4	0,7	1	1,3
Bureau		0,4	0,7	1	1,3
Vestiaires, douches, WC		0,4	0,7	1	1,3

6.5.4 Tableaux de référence Électricité Restaurants

Tab. 29 Restaurants: valeurs de base pour les équipements d'exploitation, les appareils et l'éclairage, $E_{\text{Basisbedarf, B+G}}$, $E_{\text{Basisbedarf, Bel}}$. (Ref C3.3.40/41) (B+G [11], Ecl [12] « état » avec conversion: surface de référence énergétique = 1,2 x surface nette)

Restaurant Affectation	Besoins de base B+G, écl [kWh/(m ² a)]	
	Équipements d'exploitation et appareils B+G	Éclairage Écl.
Restaurant	11,7	21,5
Surfaces de dégagement	2,2	9,7
Locaux annexes	2,2	7
Bureau	24,2	18,6
Vestiaires, douches, WC	2,2	7

Tab. 30 Restaurants: facteur pour l'évaluation de la qualité de l'équipement d'exploitation, des appareils et de l'éclairage, $f_{\text{Qualität, B+G}}$, $f_{\text{Qualität, Bel}}$ (Ref C3.3.43)

Restaurant	B+G Ecl	Qualité B+G, Bel [-]			
		Ultramoderne	Moderne	Standard	Ancienne
		75-100% lampes efficaces + régulation	75-100% lampes efficaces	25-75% lampes efficaces	0-25% lampes efficaces
Restaurant		0,4	0,7	1	1,3
Surfaces de dégagement		0,4	0,7	1	1,3
Locaux annexes		0,4	0,7	1	1,3
Bureau		0,4	0,7	1	1,3
Vestiaires, douches, WC		0,4	0,7	1	1,3

6.5.5 Tableaux de référence Électricité Hôtels

Tab. 31 Hôtels: valeurs de base pour les équipements d'exploitation, les appareils et l'éclairage, $E_{\text{Basisbedarf, B+G}}$, $E_{\text{Basisbedarf, Bel}}$. (B+G [11], écl [12] « état » avec conversion: surface de référence énergétique = 1,2 x surface nette)

Hôtel	Besoins de base B+G, Ecl [kWh/(m ² a)]	
	Équipements d'exploitation et appareils B+G	Éclairage Écl
Chambre d'hôtel	12,8	8,9
Réception, zone d'accueil	37,2	41,3
Bureau	24,2	18,6
Surfaces de dégagement	2,2	9,7
Cage d'escalier	2,2	17,5
Espaces annexes	2,2	7
Locaux de rangement, garage, etc.	3,6	3,8

Tab. 32 Hôtels: facteur pour l'évaluation de la qualité de l'équipement d'exploitation, des appareils et de l'éclairage, $f_{\text{Qualität, B+G}}$, $f_{\text{Qualität, Bel}}$.

Hôtel	B+G Ecl	Qualité B+G, ecl [-]			
		Ultramoderne	Moderne	Standard	Ancienne
		75-100% lampes efficaces + régulation	75-100% lampes efficaces	25-75% lampes efficaces	0-25% lampes efficaces
Chambre d'hôtel		0,4	0,7	1	1,3
Réception, zone d'accueil		0,4	0,7	1	1,3
Bureau		0,4	0,7	1	1,3
Surfaces de dégagement		0,4	0,7	1	1,3
Cage d'escalier		0,4	0,7	1	1,3
Espaces annexes		0,4	0,7	1	1,3
Locaux de rangement, garage, etc.		0,4	0,7	1	1,3

7 Étiquette

Pour déterminer l'étiquette, les valeurs de projet du bâtiment considéré sont comparées aux valeurs de référence. Les indices ainsi calculés constituent la base pour la classification.

7.1 Valeur de projet

Enveloppe du bâtiment

La valeur de projet est le besoin de chaleur effectif pour le chauffage $Q_{H,eff}$ calculé selon la SIA 380/1:2009 en tenant compte d'une éventuelle installation de ventilation (chap. 2). L'unité de $Q_{H,eff}$ est exprimée en MJ/(m² a) selon la SIA 380/1:2009.

Efficacité globale

La valeur de projet pour l'efficacité globale E_p (énergie finale pondérée) se calcule à partir de:

$E_p = \sum_{i=1}^{N_{WE}} \left((E_{HE,WEi} + E_{WW,WEi}) \cdot f_{CH,WEi} \right) + E_{GasKB} \cdot f_{CH,Erdgas} + (E_{HE,hilfs} + E_{WW,hilfs} + E_V + E_{el,std}) \cdot f_{CH,el} - (E_{PV,anr} + E_{WKK,anr}) \cdot f_{CH,el}$	[kWh/a]	Équation 44
---	---------	-------------

i	[-]	Index courant pour le nombre de producteurs de chaleur N_{WE} , $i = 1 \dots N_{WE}$
$f_{CH,WEi}$	[-]	Facteur de pondération national correspondant à l'agent énergétique pour le producteur de chaleur WE_i selon Tab. 33
$f_{CH,el}$	[-]	Facteur de pondération national pour l'électricité selon Tab. 33
$E_{HE,WEi}$	[kWh/a]	Besoin en énergie finale pour le chauffage pour le producteur de chaleur WE_i
$E_{WW,WEi}$	[kWh/a]	Besoin en énergie finale pour l'eau chaude pour le producteur de chaleur WE_i
E_{GasK}	[kWh/a]	Besoin en énergie finale pour cuisinière et four au gaz naturel
$E_{HE,hilfs}$	[kWh/a]	Énergie auxiliaire (électricité) pour le chauffage
$E_{WW,hilfs}$	[kWh/a]	Énergie auxiliaire (électricité) pour l'eau chaude
E_V	[kWh/a]	Besoin en électricité pour la ventilation
$E_{el,std}$	[kWh/a]	Besoin en électricité pour les appareils, l'équipement d'exploitation, l'éclairage, ...
$E_{PV,anr}$	[kWh/a]	Rendement photovoltaïque imputable

$E_{WKK,anr}$	[kWh/a]	Rendement électrique imputable issus de la cogénération / du CCF
---------------	---------	--

Tab. 33 **HW13** Facteurs de pondération nationaux [13].

Agents énergétiques	Facteurs de pondération nationaux f_{CH} [-]
mazout EL, gaz naturel, charbon, briquettes	1
Biogaz, bois: bûches, copeaux de bois, pellets	0,5
Chaleur solaire	0
Chaleur à distance (part de fossile \leq 25%)	0,4
Chaleur à distance part de fossile \leq 50% (chaleur provenant des UIOM)	0,6
Chaleur à distance (part de fossile \leq 75%)	0,8
Chaleur à distance (part de fossile $>$ 75%)	1,0
Électricité (besoin)	2
Électricité (production)	2

7.2 Valeur de référence

Enveloppe du bâtiment

La valeur de référence est constituée de la valeur limite des besoins de chaleur pour le chauffage dans les nouvelles constructions $Q_{H,li}$ calculé selon la SIA 380/1:2009 en MJ/(m²a). En cas d'affectations mixtes, les valeurs limites des besoins de chaleur pour le chauffage des différentes affectations sont systématiquement calculées pour l'ensemble du bâtiment avant d'être finalement compilées en une valeur de référence globale proportionnelle à la surface (analogue Équation 1).

Efficacité globale

La valeur de référence résulte du bilan global effectué pour un bâtiment de référence, qui remplit les exigences générales de la SIA 380/1:2009 et dispose d'un besoin en électricité standard. La méthodologie correspond au cahier technique SIA 2031:2009 et 2016.

Équipement du bâtiment de référence:

- Le besoin de chaleur pour le chauffage correspond à 80% de la valeur limite pour les nouvelles constructions du besoin de chaleur pour le chauffage $Q_{H,li}$ selon la SIA 380/1:2009, rendement du système de distribution 95%
- Le besoin de chaleur pour l'eau chaude correspond à 80% des besoins de chaleur pour l'eau chaude $Q_{W,ref}$ selon Tab. 34, rendement du système de distribution 70%
- Chaudière au mazout pour le chauffage et l'eau chaude, rendement 90% pour le chauffage et l'eau chaude, $f_{CH,0i}$ selon Tab. 33
- Aucune ventilation, aucun refroidissement mécanique
- Besoin en électricité $E_{el,ref}$ selon Tab. 34, $f_{CH,el}$ selon Tab. 33

La valeur de référence se calcule donc comme suit:

$E_{P,ref} = \left(\left(\frac{0.8 \cdot Q_{H,li}}{0.9 \cdot 0.95} + \frac{0.8 \cdot Q_{W,ref}}{0.9 \cdot 0.7} \right) \cdot f_{CH,\dot{o}l} + E_{el,ref} \cdot f_{CH,el} \right) \cdot \frac{1}{3.6}$	[kWh/(m ² a)]	Équation 45
--	--------------------------	-------------

$Q_{H,li}$	[MJ/(m² a)]	Valeur limite pour les nouvelles constructions du besoin de chaleur pour le chauffage selon la SIA 380/1:2009 (attention à l'unité)
$Q_{W,ref}$	[MJ/(m² a)]	Besoin en eau chaude standard selon Tab. 34 (attention à l'unité)
$f_{CH,\dot{o}l}$	[-]	Facteur de pondération national pour le mazout selon Tab. 33
$E_{el,ref}$	[MJ/(m² a)]	Électricité standard selon Tab. 34 (attention à l'unité)
$f_{CH,el}$	[-]	Facteur de pondération national pour l'électricité selon Tab. 33

Lorsque le bâtiment présente plusieurs affectations, l'Équation 45 est calculée pour chaque affectation et une valeur de référence pondérée en fonction de la surface est formée à partir des valeurs uniques (analogue à l'Équation 1).

Tab. 34 Valeurs standard Eau chaude et Électricité pour le calcul du bâtiment de référence. Les valeurs de l'électricité pour les bâtiments non résidentiels proviennent de [14]; l'ensemble des autres valeurs sont reprises du cahier technique SIA 2031:2009.

Affectation	$Q_{W,ref}$ [MJ/(m ² a)]	$E_{el,ref}$ [MJ/(m ² a)]
Imm. coll.	75	100
Mais. ind.	50	80
Administration	25	122,4
École	25	68,4
Commerce	25	187,2
Restaurant	100	162
Hôtel	75	111,6

7.3 Indices et classification

Indices Enveloppe du bâtiment

L'indice pour le besoin de chaleur pour le chauffage $R_{H,ref}$ se calcule comme suit:

$R_{H,ref} = \frac{Q_{H,eff}}{Q_{H,li}} \cdot 100$	[%]	Équation 46
--	-----	-------------

$Q_{H,eff}$	[MJ/(m² a)]	Besoin en chaleur effectif pour le chauffage selon la SIA 380/1:2009 (modèle à zone unique, attention à l'unité)
$Q_{H,li}$	[MJ/(m² a)]	Valeur limite pour les nouvelles constructions du besoin de chaleur pour le chauffage selon la SIA 380/1:2009 (attention à l'unité)

Indice Efficacité globale

L'indice pour l'efficacité globale $R_{P,ref}$ se calcule comme suit:

$R_{P,ref} = \frac{E_P}{E_{P,ref}} \cdot 100$	[%]	Équation 47
---	-----	-------------

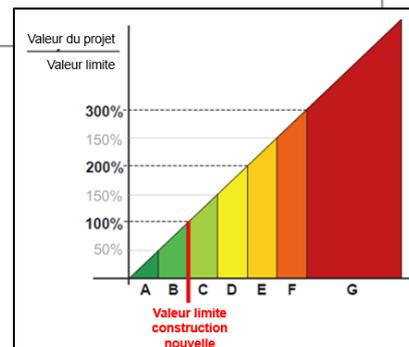
E_P	[kWh/(m² a)]	Valeur de projet selon Équation 44
$E_{P,ref}$	[kWh/(m² a)]	Valeur de référence selon Équation 45

Classification

Sur la base des indices qu'il présente pour son enveloppe $R_{H,ref}$ et son efficacité $R_{P,ref}$, le bâtiment est répertorié en classes (Tab. 35). Ce classement détermine l'étiquette.

Tab. 35 Classes selon la SIA 2031:2009 [2] resp. SIA 2031:2016 sans énergie positive [9].

Classe	R Minimum %	R Maximum %	Commentaire pour les classes énergétiques
A	> 0	50	Bâtiment à très bonne performance
B	> 50	100	Bâtiments meilleurs que la référence
C	> 100	150	Bâtiments consommant plus que la référence. Analyse recommandée
D	> 150	200	
E	> 200	250	Bâtiments nettement hors normes, méritant une analyse visant à des améliorations.
F	> 250	300	
G	> 300		



8 Évaluation

8.1 Enveloppe du bâtiment

L'évaluation de l'enveloppe du bâtiment repose sur les valeurs U des différents éléments de construction. Il existe une distinction entre les bâtiments existants et les nouveaux bâtiments (Tab. 36, Tab. 37). L'évaluation s'appuie sur les valeurs cibles et les valeurs limites selon la SIA 380/1:2009.

Les sept catégories suivantes sont évaluées. Pour ce faire, les valeurs U sont pondérées en fonction de la surface avant d'être finalement classifiées selon Tab. 36 et Tab. 37.

- Mu [Wa]: Mur contre extérieur / ≤ 2 m sous terre (Équation 48)
- Mu c.n-c. [Wa g.u]: Mur contre non chauff. / > 2 m sous terre (analogue Équation 48)
- To [Da]: Toit contre extérieur / ≤ 2 m sous terre (analogue Équation 48)
- To c. n-c. [Da g.u.]: Plafond contre non chauff. / > 2 m sous terre (analogue Équation 48)
- Sol [Bo]: Sol contre extérieur / ≤ 2 m sous terre (analogue Équation 48)
- Sol c. n-c. [Bo g.u.]: Sol contre non chauff. / > 2 m sous terre (analogue Équation 48)
- Fe: Fenêtre contre extérieur (analogue Équation 48)

Exemple de calcul pondéré en fonction de la surface des valeurs U de différents murs extérieurs pour l'évaluation selon III. 2:

$U_{Wa} = \frac{U_{We1} \cdot A_{We1} + U_{We2} \cdot A_{We2} + U_{WD \leq 2m} \cdot A_{WD \leq 2m}}{A_{We1} + A_{We2} + A_{WD \leq 2m}}$	[W/(m ² K)]	Équation 48
---	------------------------	-------------

U _{We1} , U _{We2}	[W/(m ² K)]	Valeurs U de type mur extérieur 1 et 2
U _{WD≤2m}	[W/(m ² K)]	Valeur U du mur extérieur ≤ 2 m sous terre
A _{We1} , A _{We2} , A _{WD≤2m}	[m ²]	Surfaces des murs

Tab. 36 Évaluation de l'enveloppe du bâtiment pour les bâtiments existants

Évaluation	Élément de construction contre extérieur ou à moins de 2 m sous terre				Élément de construction contre locaux non chauffés, locaux chauffés
	Toit (tous les types) To	Fe-nêtres, portes Fe	Mur extérieur, mur contre terre ≤ 2 m Mu	Sol contre extérieur, élément de construction contre terre, ≤ 2 m Sol	
Très bonne	≤ 0,15	≤ 1,1	≤ 0,18	≤ 0,21	≤ 0,2
Bonne	> 0,15 ≤ 0,25	> 1,1 ≤ 1,6	> 0,18 ≤ 0,25	> 0,21 ≤ 0,35	> 0,2 ≤ 0,35
Moyenne	> 0,25 ≤ 0,5	> 1,6 ≤ 2,1	> 0,25 ≤ 0,5	> 0,35 ≤ 0,5	> 0,35 ≤ 0,5
Mauvaise	> 0,5	> 2,1	> 0,5	> 0,5	> 0,5

Tab. 37 Évaluation de l'enveloppe du bâtiment pour les nouveaux bâtiments (année de construction: « année actuelle » jusqu'à « année actuelle moins trois ans ».
Exemple: un bâtiment construit en 2016 serait encore classifié en tant que nouveau bâtiment en 2019)

Évaluation	Élément de construction contre extérieur ou à moins de 2 m sous terre				Élément de construction contre locaux non chauffés, locaux chauffés ou à plus de 2 m sous
	Toit (tous les types) To	Fe-nêtres, portes Fe	Mur extérieur, mur contre terre < 2 m Mu	Sol contre extérieur, élément de construction contre terre, ≤ 2 m Sol	
Très bonne*	≤ 0,09	≤ 1,00	≤ 0,11	≤ 0,11	≤ 0,15
Bonne**	> 0,09 ≤ 0,20	> 1,00 ≤ 1,30	> 0,11 ≤ 0,20	> 0,11 ≤ 0,20	> 0,15 ≤ 0,25
Moyenne	> 0,20	> 1,30	> 0,20	> 0,20	> 0,25

*Jusqu'aux « fenêtres/portes », les valeurs indiquées correspondent aux valeurs cibles selon la SIA 380/1:2009

**Jusqu'aux « sols/murs contre non chauff. », les valeurs supérieures correspondent à la valeur limite selon la SIA 380/1:2009

8.2 Installations techniques du bâtiment

Chauffage et eau chaude sanitaire

Pour l'évaluation des installations techniques, le rapport entre l'énergie finale pondérée (y c. l'énergie auxiliaire) et la chaleur utile est représenté et classifié selon Tab. 38 (Ill. 2). Le chauffage et l'eau chaude sont prises en considération de manière séparée (B_{HE} Équation 49, B_{WW} Équation 50).

Chauffage:

$$B_{HE} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{WE}} (E_{HE,WEi} \cdot f_{CH,WEi}) + E_{HE,hilfs} \cdot f_{CH,el}}{Q_{H,eff} \cdot A_E} \quad [-] \quad \text{Équation 49}$$

i	[-]	Index courant pour le nombre de producteurs de chaleur N_{WE} , $i = 1 \dots N_{WE}$
$f_{CH,WEi}$	[-]	Facteur de pondération national de l'agent énergétique du producteur de chaleur selon Tab. 33
$f_{CH,el}$	[-]	Facteur de pondération national pour l'électricité selon Tab. 33
$E_{HE,WEi}$	[kWh/a]	Besoin en énergie finale pour le producteur de chaleur WE_i
$E_{HE,hilfs}$	[kWh/a]	Énergie auxiliaire (électricité) pour le chauffage
$Q_{H,eff}$	[kWh/(m ² a)]	Besoins de chaleur eff. pour le chauffage (attention à l'unité)
A_E	[m ²]	Surface de référence énergétique totale

Eau chaude:

$$B_{WW} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{WE}} (E_{WW,WEi} \cdot f_{CH,WEi}) + E_{WW,hilfs} \cdot f_{CH,el}}{Q_W \cdot A_E} \quad [-] \quad \text{Équation 50}$$

i	[-]	Index courant pour nombre de producteurs de chaleur N_{WE} , $i = 1 \dots N_{WE}$
$f_{CH,WEi}$	[-]	Facteur de pondération national de l'agent énergétique du producteur de chaleur selon Tab. 33
$f_{CH,el}$	[-]	Facteur de pondération national pour l'électricité selon Tab. 33
$E_{WW,WEi}$	[kWh/a]	Besoin en énergie finale pour le producteur de chaleur WE_i
$E_{WW,hilfs}$	[kWh/a]	Énergie auxiliaire (électricité) pour l'eau chaude
Q_W	[kWh/(m ² a)]	Besoin en énergie utile standard pour l'eau chaude selon Tab. 34 (affectation mixte: valeur pondérée en fonction de la surface), attention à l'unité
A_E	[m ²]	Surface de référence énergétique totale

Électricité

La qualité de l'électricité est déterminée pour la classification dans III. 2 de la manière suivante:

1. Le rendement photovoltaïque imputable est déduit du besoin en électricité ($E_v + E_{el, std}$)
2. Détermination $E_{el, ref}$ (Tab. 34) pour toutes les affectations et, le cas échéant, élaboration d'une valeur globale pondérée en fonction de la surface
3. Élaboration du rapport issu des résultats du point 1 et 2 (attention à l'unité)
4. Évaluation de la valeur issue du point 3 selon Tab. 38

Tab. 38 Critères d'évaluation pour les installations techniques du bâtiment

Évaluation	Chauffage	Eau chaude sanitaire	Électricité
Très bonne	< 0.85	< 1.0	≤ 70 %
Bonne	≥ 0.85	≥ 1.0	≤ 100 %
Moyenne	≥ 1,00	≥ 1,25	≤ 130 %
Mauvaise	≥ 1,20	≥ 1,5	> 130 %

9 Bibliographie

- [1] SIA 380/1, "Thermische Energie im Hochbau." 2009.
- [2] Merkblatt SIA 2031, *Energieausweis für Gebäude.* 2009.
- [3] SIA 380/4, *Elektrische Energie im Hochbau.* 2006.
- [4] K. Wesselmann, "Anwenderhandbuch zum GEAK Online-Tool - GEAK User Manual 5.1, Korrex 5.1.2," GEAK Betriebszentrale, Muttenz, 2019.
- [5] D. Wolff *et al.*, "Einfluss der Verteilungsverluste bei der energetischen Modernisierung von Mehrfamilienhäusern. Analyse und Ableitung von Optimierungsmaßnahmen," Projekt im Auftrag des proKlima eneracity-Fonds; Hannover/Braunschweig/Wolfenbüttel, 2012.
- [6] Minergie Schweiz, "180201_Nachweisformular_Minergie_V2018.2.de." 2018.
- [7] Minergie Schweiz, "Anwendungshilfe zu den Gebäudestandards Minergie/Minergie-P/Minergie-A V2019.1." Minergie Schweiz, Basel, 2019.
- [8] "PVopti - Stundenbasiertes Designtool für Eigenverbrauch und Autarkie," 2019. [Online]. Available: www.minergie.ch.
- [9] Merkblatt SIA 2031, *Energieausweis für Gebäude.* 2016.
- [10] J. Nipkow, "Der typische Haushalt-Stromverbrauch," Schweizerische Agentur für Energieeffizienz S.A.F.E, Zürich, 2013.
- [11] Merkblatt SIA 2024, "Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik." 2015.
- [12] SIA 387/4, "Elektrizität in Gebäuden - Beleuchtung: Berechnung und Anforderungen." 2017.
- [13] EnDK, "Nationale Gewichtungsfaktoren für die Beurteilung der Gebäude." www.endk.ch, 2017.
- [14] S. Gasser, "Strommodell für Zweckbauten." elight GmbH für MINERGIE Schweiz, Basel, 2018.

10 Symboles, unités et notions

Symbole	Unité	Notions
a	m	Rayon interne de la conduite (rayon interne du tuyau)
A_E	m^2	Surface de référence énergétique totale: $A_E = \sum A_{E,Nutz,n}$
$A_{E,Ber}$	m^2	Surface de référence énergétique de chaque domaine approvisionné
$A_{E,Nutz,n}$	m^2	Surface de référence énergétique de l'utilisation n
$A_{Nutz,Bel}$	m^2	Surface pour l'éclairage, pour l'utilisation sélectionnée
$A_{Nutz,K+E}$	m^2	Surface pour les petits appareils et l'électronique, pour l'utilisation sélectionnée
$A_{P,std,Nutz,n}$	m^2/P	Données d'utilisation standard pour les surfaces par personne selon la SIA 380/1:2009 conformément à l'utilisation n
$A_{WE1/2}, A_{WD \leq 2m}$	m^2	Surfaces Mur extérieur
b	m	Rayon externe de la conduite de distribution
B_{HE}, B_{WW}	-	Rapport Énergie finale pondérée (y c. énergie auxiliaire) avec chaleur utile Chauffage et Eau chaude
$DG_{WEi,j}$	-	Taux de couverture du producteur de chaleur WE_i dans le domaine approvisionné j
Dim_{WEi}	-	Facteur de surdimensionnement du producteur de chaleur
E_{B+G}	kWh/a	Besoin en électricité pour les équipements d'exploitation et les appareils
$E_{Basisbedarf,Bel}$	kWh/(m^2 a)	Besoin de base en électricité Éclairage en relation avec l'utilisation
$E_{Basisbedarf,K+E}$	kWh/(m^2 a)	Besoin de base en électricité Petits appareils + électronique en relation avec l'utilisation
E_{Bel}	kWh/a	Besoin en électricité pour l'éclairage
$E_{C,Nutz}$	kWh/a	Besoin en électricité pour le froid
$E_{el,std}, E_{el,std,Nutz}$	kWh/a	Somme totale des besoins en électricité, besoin en électricité par utilisation
$E_{el,ref}$	MJ/a	Besoin en électricité Valeurs standard
E_{G+I}	kWh/a	Besoin en électricité pour les appareils et les installations
$E_{GasKB}, E_{GasK}, E_{GasB}$	kWh/a	Besoin en énergie Gaz naturel pour plaques de cuisson et four

$E_{HE,WEi}, E_{HE,WEi,hilfs}, E_{HE,hilfs}$	kWh/a	Énergie finale et énergie auxiliaire Chauffage pour producteur de chaleur WE_i , énergie auxiliaire totale
$E_{hu,Nutz}$	kWh/a	Besoin en électricité pour la climatisation et l'humidification
E_{K+E}	kWh/a	Besoin en électricité pour les petits appareils et l'électronique
$E_P, E_{P,ref}$	kWh/a	Valeur de projet et valeur de référence Efficacité des bâtiments
$E_{PV}, E_{PV,anr}$	kWh/a	Rendement photovoltaïque, rendement photovoltaïque imputable
$E_{Qualität,G+I}$	kWh/a	Besoin en électricité en relation avec la qualité pour les appareils et les installations
$E_{spez,Nutz}$	kWh/(m ² a)	Besoin en électricité spécifique à l'utilisation
$E_V, E_{V,eff,Nutz}, E_{V,std,Nutz}, E_{V,Nutz}$	kWh/a	Besoin en électricité pour la ventilation: somme, autres installations de ventilation, petites installations avec valeurs standard, ventilation + protection contre le gel
PA	-	Part d'autoconsommation
$E_{WW,WEi}, E_{WW,WEi,hilfs}, E_{WW,hilfs}$	kWh/a	Énergie finale et énergie auxiliaire Eau chaude pour producteur de chaleur WE_i , énergie auxiliaire totale
$E_{W,az,j}$	kWh/a	Besoin en électricité Circulation
$E_{W,ah}$	kWh/a	Besoin en électricité Bande chauffante
$E_{W,a,j}$	kWh/a	Besoin en électricité pour pompes dans le domaine approvisionné j
$E_{WKK}, E_{WKK,anr}$	kWh/a	Rendement électrique issu de la cogénération / du CCF, rendement électrique imputable issu de la cogénération / du CCF
E_{ACE}	kWh/a	Besoin en électricité pour autres consommateurs
f_b	-	Facteur d'occupation
$f_{CH}, f_{CH,WE}, f_{CH,el}, f_{CH,Öl}, f_{CH,Erdgas}$	-	Facteur de pondération national: correspondant à l'agent énergétique du producteur de chaleur, électricité, mazout, gaz naturel
F_{corr}	m/h	Facteur de correction des unités
f_{Netz}	-	Part imputable de l'injection dans le réseau
$f_{Qualität,Bel}, f_{Qualität,B+G}$	-	Facteur visant l'échelle des besoins de base sur la qualité sélectionnée: Éclairage, équipements d'exploitation+appareils
$f_{WE,a}$	-	Facteur pour l'énergie auxiliaire du producteur de chaleur
$f_{WE,ae}$	-	Facteur pour le groupe auxiliaire

$f_{WE,af}$	-	Facteur pour la chaudière
$f_{WE,ak}$	-	Facteur pour le producteur de chaleur uniquement pour le chauffage ou uniquement pour l'eau chaude
$f_{WE,au}$	-	Facteur pour la pompe de circulation
$f_{WW,mit}, f_{WW,ohne}$	-	Part de lave-linge avec/sans raccordement à l'eau chaude sur la somme totale des lave-linge
h	$W/(m^2 K)$	Coefficient de transmission de chaleur
i	-	Index courant pour le producteur de chaleur, $i = 1 \dots N_{Ber}$
j	-	Index courant pour les domaines approvisionnés, $j = 1 \dots N_{We}$
k	-	Index courant pour les utilisations des locaux, $k = 1 \dots N_{RNutz}$
K	$1/m$	Paramètre pour le moteur du ventilateur
L	m	Longueur du réseau de distribution horizontal et vertical
n	-	Index courant pour utilisations, $n = 1 \dots N_{Nutz}$
N_{Ber}	-	Nombre de domaines approvisionnés
$N_{Geräte}, N_{GeräteK/B}$	-	Nombre d'appareils, nombre de plaques de cuisson et de fours
N_{Nutz}	-	Nombre d'affectations (zones dans le bâtiment)
$N_{RaumPers}$	-	Nombre de pièces avec air pulsé (habitat) ou nombre de personnes (administration/école)
N_{RNutz}	-	Nombre d'affectations des pièces
N_{Typ}	-	Nombre de types d'appareil
N_{We}	-	Nombre de producteurs de chaleur
N_{Whg}	-	Nombre d'appartements dans le bâtiment
N_{Zimmer}	-	Nombre moyen de pièces dans les appartements
P_{el}	kW	Puissance de l'appareil
$Q_{th,std,Nutz}, Q_{th,std,eff,Nutz}, Q_{th,eff,Nutz}$	$m^3/(h m^2)$	Débit d'air neuf effectif thermiquement actif pondéré en relation avec la surface en relation avec l'utilisation: standard, pour les petites installations avec valeurs standard, pour autres installations de ventilation
$Q_{H,eff}, Q_{H,li}$	$kWh/(m^2 a)$ $MJ/(m^2 a)$	Besoin en chaleur pour le chauffage: effectif, valeur limite pour les nouvelles constructions
$Q_{I,P}$	$kWh/(m^2 a)$	Émissions de chaleur par les personnes selon la SIA 380/1

$Q_{P, \text{std}, \text{Nutz}, n}$	W/P	Données d'utilisation standard pour l'émission de chaleur par les personnes selon la SIA 380/1:2009 conformément à l'affectation n
$Q_{WW, WE_i, \text{sto}, \text{ls}}$	kWh/a	Dépense thermique d'un producteur de chaleur WE_i pour l'eau chaude
Q_W	kWh/(m ² a) MJ/(m ² a)	Besoin en énergie utile pour l'eau chaude
$Q_{W_Spül}, Q_{ww_Spül}$	kWh/(m ² a)	Besoins de chaleur supplémentaires/Besoins en énergie utile supplémentaires pour l'eau chaude d'un lave-vaisselle
$Q_{W_Wasch}, Q_{ww_Wasch}$	kWh/(m ² a)	Besoins de chaleur supplémentaires/Besoins en énergie utile supplémentaire pour l'eau chaude d'un lave-linge
$Q_{x,y, \text{dis}, \text{ls}, z, j}$ $Q_{HE, WE_i, \text{dis}, \text{ls}, \text{hor}, j}$ $Q_{WW, \text{dis}, \text{ls}, h, j}$ $Q_{WW, \text{dis}, \text{ls}, v, j}$ $Q_{WW, \text{dis}, \text{ls}, \text{hor}, j}$ $Q_{WW, \text{dis}, \text{ls}, \text{ver}, j}$ $Q_{WW, \text{dis}, \text{ls}, j}$	kWh/(m ² a)	Dépense liées à la distribution de la chaleur dans le domaine approvisionné j pour: chauffage, conduites horizontales, (actif) eau chaude, conduites horizontales, eau chaude, conduites verticales, eau chaude, conduites horizontales (actif) eau chaude, conduites verticales (actif) Somme des dépenses actives des conduites pour l'eau chaude
$R_{H, \text{ref}}, R_{P, \text{ref}}$	-	Indice Besoin de chaleur pour le chauffage, indice Efficacité globale
s_D	m	Épaisseur de l'isolation
$s_{\text{Nutz}, n}$	°C	Paramètre des conditions normales d'utilisation n
t_C	d	Longueur des étapes de calcul en jours
$t_{be, \text{dis}}, t_{be, \text{Zirk}}, t_{be, \text{WVA}}, t_{be, V}$	h	Durée de l'exploitation Distribution de chaleur, circulation, appareils, autres installations de ventilation
$t_{P, \text{std}, \text{Nutz}, n}$	h/d	Données d'utilisation standard pour le temps de présence par jour selon la SIA 380/1:2009 conformément à l'affectation n
$U_{WE1/2}, U_{WD \leq 2m}$	W/(m ² K)	Valeurs U des murs extérieurs
V	l	Volume de l'accumulateur
$V'_{\text{Luft}, \text{Nutz}}$	m ³ /h	Débit d'air de l'affectation
$V'_{\text{Nenn}, \text{Nutz}}$	m ³ /h	Débit volumique nominal de l'affectation
$V'_{\text{Nenn}, \text{Nutz}, \text{eff}}$	m ³ /h	Débit volumique nominal effectif de l'affectation
$V'_{\text{min}, \text{Nutz}}$	m ³ /h	Débit volumique minimal de l'affectation
V_o	m ³ /(h m ²)	Débit volumique d'infiltration pondéré en fonction de la surface

x, y, z	-	Emplacement prévu pour le chauffage/l'eau chaude, le producteur de chaleur et orientation des conduites
$\Delta\theta$	K	Différence de température
η_g	-	Taux d'utilisation
$\eta_{HE, WE_i}, \eta_{WW, WE_i}$	-	Rendement/coefficients de performance annuels des producteurs de chaleur WE_i pour le chauffage/l'eau chaude
η_{WT}	-	Récupération de chaleur de l'échangeur de chaleur
	W/(m·K)	Conductivité thermique
$\theta_{HK}, \theta_U, \theta_W$	°C	Température moyenne du circuit de chauffage, température de l'air ambiant, température de l'eau chaude