


v2.4	Formulaire EN101b, v2.4, à utiliser jusqu'au 31 décembre 2020	
 <small>Konferenz Kantonaler Energiefachstellen Conférence des services cantonaux de l'énergie</small>	EN-101b	<b>Justificatif énergétique</b> <b>Besoin d'énergie</b> Preuve calculée

Commune:		N° cadastre:		N° bâtiment:	
Objet:				EGID:	

<b>Données sur le bâtiment</b>		Altitude:		m	Canton:	
(Selon la norme SIA 380/1)		Justificatif pour:		Preuve officielle	Station climat.	
Zone						
Catégorie d'ouvrage						(moyenne)
Avec eau chaude?						
Surface de référence énergétique SRE	$A_E$	m <sup>2</sup>				
Nouvelle construction						

<b>Installations de ventilation et de climatisation</b>						
Le débit d'air neuf thermiquement actif calculé en F45-I45 est à introduire dans le calcul des besoins de chaleur pour le chauffage (SIA 380/1)						
<b>Données pour installation de ventilation standard</b>		Zone				
Petite installation avec valeurs standard						
Type d'installation de ventilation standard						
Récupération de chaleur-Echangeur de chaleur						
Entrainement de ventilateur avec						
Débit d'air nominal		m <sup>3</sup> /h				
<b>Calcul externe</b>						
Rafraîchissement et/ou humidification ?						
Débit d'air neuf thermiquement actif	$V'$	m <sup>3</sup> /h				
Besoins d'électricité pour la ventilation et la protection antigel	$Q_{v,i}$	kWh				
Besoins d'électricité pour la climatisation et l'humidification	$Q_{v,x}$	kWh				
Besoins d'électricité pour le transport du froid et pour les auxiliaires	$Q_{v,p}$	kWh				
<b>Qh avec débit d'air thermiquement actif</b>						
Débit d'air neuf thermiquement actif	$V' \cdot A_E$	m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup>				
Besoins pour le chauffage effectif avec l'installation de ventilation	$Q_{v,eff}$	kWh/m <sup>2</sup>				

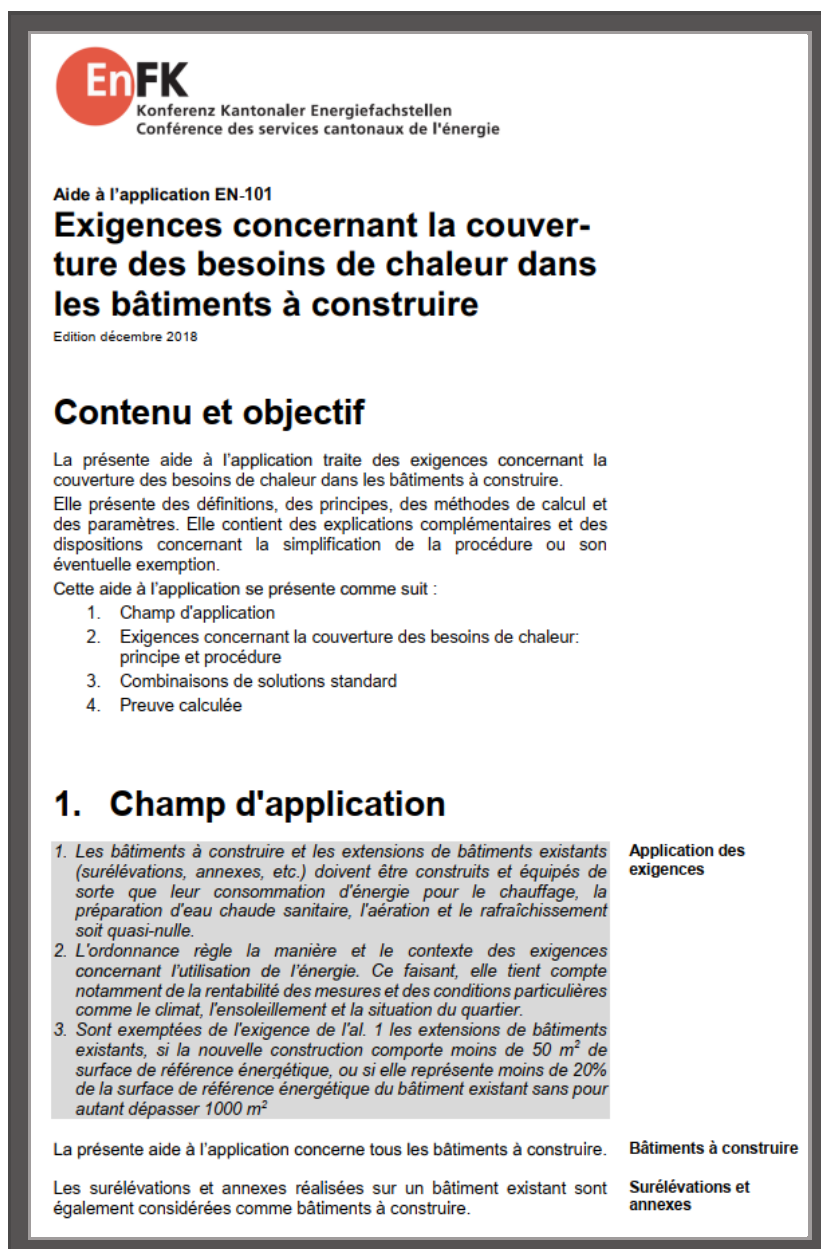
**Calcul de la couverture des besoins de chaleur dans les bâtiments à construire avec le formulaire**


## EN-101b

**Description de l'outil Excel, version 2.0**

## Justificatif de calcul avec le formulaire EN-101b

- Mandant:** Conférence des services cantonaux de l'énergie EnFK  
c/o direction des constructions du canton de Zurich  
AWEL, serv. de l'énergie  
Stampfenbachstrasse 12, 8090 Zurich
- Etabli par:** Arthur Huber, ing. dipl. EPF / SIA
- Exigences:** Les exigences relatives à la couverture des besoins de chaleur dans les bâtiments à construire sont décrites de façon détaillée dans le Modèle de prescriptions énergétiques des cantons [2] et dans l'aide à l'application EN-101 [1] de l'EnFK, version 2018, et ne sont mentionnées qu'en partie dans cette publication.



 EnFK  
Konferenz Kantonaler Energiefachstellen  
Conférence des services cantonaux de l'énergie

Aide à l'application EN-101  
**Exigences concernant la couverture des besoins de chaleur dans les bâtiments à construire**  
Edition décembre 2018

### Contenu et objectif

La présente aide à l'application traite des exigences concernant la couverture des besoins de chaleur dans les bâtiments à construire. Elle présente des définitions, des principes, des méthodes de calcul et des paramètres. Elle contient des explications complémentaires et des dispositions concernant la simplification de la procédure ou son éventuelle exemption.

Cette aide à l'application se présente comme suit :

1. Champ d'application
2. Exigences concernant la couverture des besoins de chaleur: principe et procédure
3. Combinaisons de solutions standard
4. Preuve calculée

### 1. Champ d'application

*1. Les bâtiments à construire et les extensions de bâtiments existants (surélévations, annexes, etc.) doivent être construits et équipés de sorte que leur consommation d'énergie pour le chauffage, la préparation d'eau chaude sanitaire, l'aération et le rafraîchissement soit quasi-nulle.*

*2. L'ordonnance règle la manière et le contexte des exigences concernant l'utilisation de l'énergie. Ce faisant, elle tient compte notamment de la rentabilité des mesures et des conditions particulières comme le climat, l'ensoleillement et la situation du quartier.*

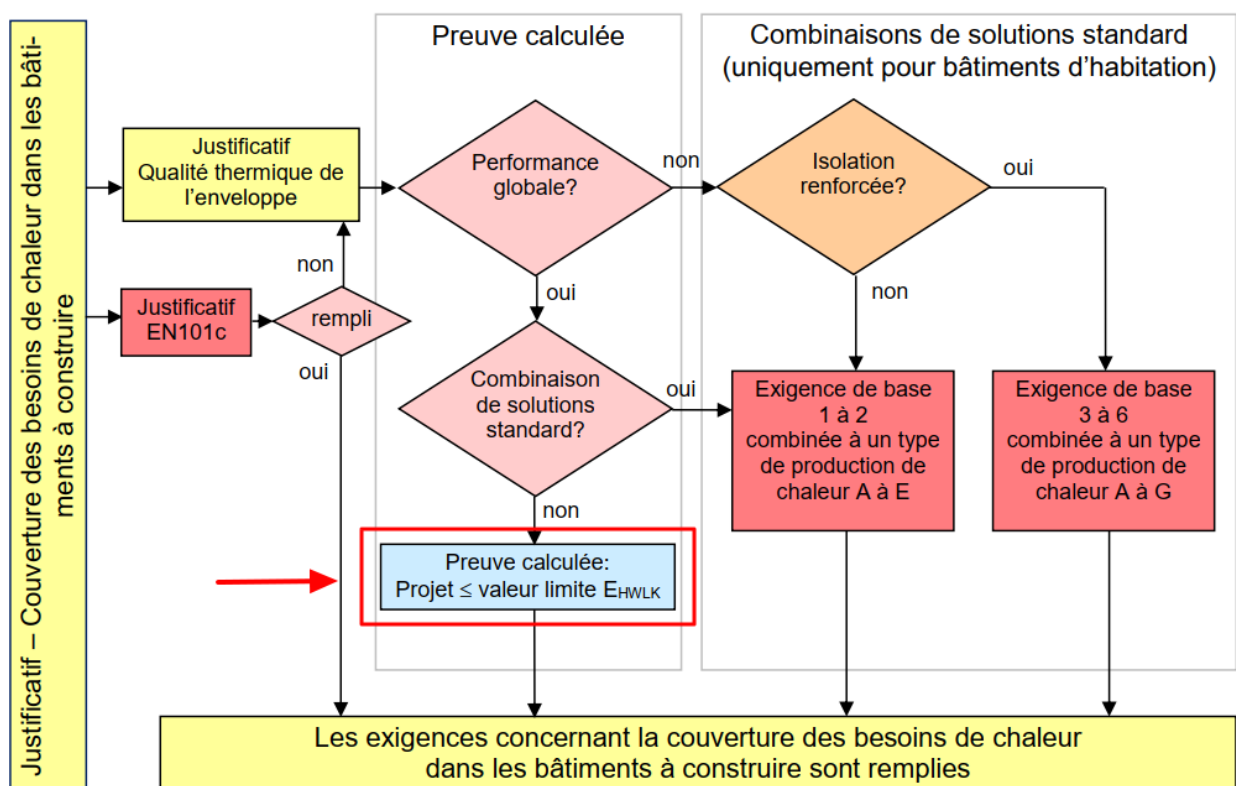
*3. Sont exemptées de l'exigence de l'al. 1 les extensions de bâtiments existants, si la nouvelle construction comporte moins de 50 m<sup>2</sup> de surface de référence énergétique, ou si elle représente moins de 20% de la surface de référence énergétique du bâtiment existant sans pour autant dépasser 1000 m<sup>2</sup>*

Application des exigences

La présente aide à l'application concerne tous les bâtiments à construire. Bâtiments à construire

Les surélévations et annexes réalisées sur un bâtiment existant sont également considérées comme bâtiments à construire. Surélévations et annexes

**Contenu et objectif:** La présente description aborde les modèles et l'utilisation de l'outil Excel EN101b.xlsx pour le **justificatif de calcul** des exigences concernant la couverture des besoins de chaleur dans les bâtiments à construire conformément au Modèle de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC) édition 2014 (version 2018) [2]. Ces prescriptions remplacent les anciennes prescriptions pour la part maximale d'énergies non renouvelables, mais ne remplacent pas le justificatif relatif à la protection thermique. En ce qui concerne les bâtiments d'habitation, un justificatif simplifié avec des combinaisons de solutions standard est possible, comme c'était déjà le cas auparavant [1]:



Si le justificatif simplifié avec la combinaison de solutions standard pour les bâtiments d'habitation ne peut se faire conformément à l'arbre décisionnel ci-dessus, il est alors nécessaire de fournir le justificatif de calcul de la couverture des besoins de chaleur pour les nouvelles constructions afin de prouver que les besoins énergétiques pondérés annuels pour le chauffage, l'eau chaude, la ventilation et la climatisation ne dépassent pas la valeur limite autorisée.

**Valeurs limites:** En ce qui concerne le justificatif de calcul de la couverture des besoins de chaleur pour les nouvelles constructions, les valeurs limites suivantes ne doivent pas être dépassées pour les besoins énergétiques pondérés pour le chauffage, l'eau chaude, la ventilation et la climatisation. L'outil EN101b.xlsx a été développé pour ce justificatif de calcul.

Catégorie d'ouvrage		Valeurs limites pour les bâtiments à construire $E_{HwLK,li}$ en kWh/m <sup>2</sup>	$E_{HwLK,li}$ sans eau chaude	Eau chaude: min. 20% par des énergies renouvelables	Utilisation des rejets de chaleur de l'air rejeté, de l'eau des bains et des douches
I	habitat collectif	35			
II	habitat individuel	35			
III	administration	40			
IV	école	35			
V	commerce	40			
VI	restauration	45	X	X	
VII	lieu de rassemblement	40			
VIII	hôpital	70			
IX	industrie	20			
X	dépôt	20			
XI	installation sportive	25	X	X	
XII	piscine couverte	Pas d'exigence pour $E_{HwLK}$		X	X

Pour les emplacements en altitude, une correction de valeur limite décidée par les cantons est partiellement prévue.

**Besoins en énergie:** Le calcul des besoins de chaleur pour le chauffage selon la **norme SIA 380/1:2016 [12]** sert de base pour les besoins énergétiques des bâtiments. Contrairement au justificatif de l'isolation thermique, qui se base également sur cette norme, les besoins de chaleur effectifs pour le chauffage  $Q_{h,eff}$  (tenant compte des installations de ventilation mises en place et de la récupération de chaleur) peuvent servir de base pour le calcul dans le cadre du justificatif visant au respect de la couverture des besoins de chaleur pondérés  $E_{hwk,li}$ .

Si la hauteur utile brute dépasse 3 m, les besoins de chaleur pour le chauffage  $Q_{h,eff}$  peuvent être corrigés en fonction de la hauteur utile brute de 3 m ( $= Q_{h,corr}$ ), de manière analogue à la certification Minergie.

En ce qui concerne les besoins de chaleur, il convient également de prendre en compte, outre la production de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude, l'énergie pour la ventilation et le traitement de l'air ainsi que les besoins énergétiques pour la climatisation. Outre la production de froid, les besoins électriques pour le rafraîchissement et la distribution du froid font également partie des besoins du rafraîchissement.

## Table des matières

1	Exigences relatives à la couverture des besoins de chaleur des nouvelles constructions .....	8
1.1	De quoi parle-t-on?.....	8
1.2	Exigences pour les nouvelles constructions.....	8
1.3	Règles de calcul et facteurs de pondération .....	9
2	Onglet « Entrées ».....	12
2.1	Code couleur .....	12
2.1.1	Jaune foncé.....	12
2.1.2	Vert clair .....	12
2.1.3	Jaune clair .....	13
2.1.4	Triangle rouge dans le coin .....	13
2.2	Type de justificatif.....	13
2.2.1	Preuve officielle .....	13
2.2.2	Passer au justificatif Minergie [5] .....	13
2.3	Données sur le bâtiment.....	14
2.3.1	Altitude .....	14
2.3.2	Station climatique .....	14
2.3.3	Catégorie d'ouvrage .....	15
2.3.4	Avec de l'eau chaude? .....	15
2.3.5	Surface de référence énergétique SRE .....	15
2.3.6	Nouvelle construction .....	15
2.4	Installations de ventilation et de rafraîchissement pour les petites installations .....	16
2.4.2	Types d'installation de ventilation standard.....	17
2.4.3	Calcul de la quantité d'air des installations de ventilation standard	19
2.4.4	Récupération de chaleur des installations de ventilation standard	20
2.4.5	Récupération de chaleur pour les appareils de ventilation par local .....	21
2.4.6	Débit d'air neuf thermiquement actif .....	22
2.4.7	Calcul des besoins en électricité pour la ventilation des installations de ventilation standard .....	23
2.5	Ventilation avec calcul externe .....	24
2.5.1	Report depuis la feuille de ventilation externe.....	24
2.5.2	Besoins d'électricité pour le rafraîchissement et l'humidification ...	26

2.5.3	Froid industriel.....	26
2.5.4	Besoins d'électricité pour la chaleur et le transport du froid .....	27
2.6	Besoins de chaleur effectifs pour le chauffage $Q_{h,eff}$ ou $Q_{h,corr}$ .....	27
3	Onglet « Justificatif » .....	28
3.1	Production de chaleur.....	28
3.2	Rendement.....	28
3.3	Taux de couverture.....	30
3.4	Report / production spéciale de chaleur.....	31
3.4.2	Exemple pour le report .....	31
3.5	Exploitation des rejets de chaleur .....	32
3.5.1	Rendement et facteur de pondération.....	32
3.5.2	Rejets de chaleur provenant d'installations de production de froid confort.....	32
3.5.3	Rejets de chaleur issus du froid industriel ou de l'IT .....	33
3.5.4	Rejets de chaleur industriels.....	34
3.6	Rubans chauffants.....	35
3.7	Pompes à chaleur et PACesti.xlsx.....	36
3.8	Installations solaires thermiques.....	38
3.8.1	Installation solaire pour la production d'eau chaude .....	38
3.8.2	Installation solaire pour la production d'eau chaude et le chauffage d'appoint .....	39
3.8.3	Photovoltaïque .....	39
4	Résultats de l'onglet « Justificatif » .....	40
4.1	Résumé des résultats.....	40
5	Références.....	41

# 1 Exigences relatives à la couverture des besoins de chaleur des nouvelles constructions

## 1.1 De quoi parle-t-on?

Besoins énergétiques max. pour le chauffage, l'eau chaude, la ventilation et la climatisation

Lorsque les exigences relatives à l'isolation thermique des bâtiments sont respectées, les besoins de chaleur pour l'exploitation des bâtiments sont réduits. L'exigence relative à la couverture des besoins de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude et aux besoins énergétiques pour la ventilation et le rafraîchissement dans les nouvelles constructions doit permettre d'atteindre la production la plus efficace possible avec la plus grande part possible d'énergies renouvelables. C'est pourquoi les agents énergétiques sont pondérés en ce qui concerne l'aspect renouvelable, de façon analogue aux exigences Minergie. Cette nouvelle exigence remplace l'ancienne qui tenait compte de la part maximale d'énergies non renouvelables.

## 1.2 Exigences pour les nouvelles constructions

Les besoins annuels pondérés en énergie pour le chauffage, la préparation de l'eau chaude, la ventilation et le rafraîchissement dans les nouvelles constructions ne doivent pas dépasser les valeurs ci-dessous:

Catégorie d'ouvrages		Valeur limite pour les bâtiments à construire $E_{HWLK}$ en kWh/m <sup>2</sup>
I	habitat collectif	35
II	habitat individuel	35
III	administration	40
IV	écoles	35
V	commerce	40
VI	restauration	45
VII	lieux de rassemblement	40
VIII	hôpitaux	70
IX	industrie	20
X	dépôts	20
XI	installations sportives	25
XII	piscines couvertes	Pas d'exigence pour $E_{HWLK}$

Outil de justification  
EN101b.xlsx

Le respect de ces valeurs limites pondérées est calculé et vérifié dans l'outil de justification EN101b.

Pour les catégories VI et XI, l'exigence s'applique sans prendre en considération les besoins pour l'eau chaude. Pour les projets de cat. VI, XI et XII, au moins 20% de l'énergie utilisée pour la production d'eau chaude doit provenir d'énergies renouvelables. Pour les projets de cat. XII, l'utilisation des rejets thermiques à partir



de l'air évacué, de l'eau du bain et de la douche doit être améliorée, aucune valeur limite n'est prévue.

Les cantons peuvent déterminer des corrections climatiques par station climatique pour les valeurs limites ci-dessus. Dans l'outil de justification, ces corrections climatiques sont régulièrement adaptées conformément à la législation cantonale.

Les exigences doivent être remplies par le biais de mesures mises en œuvre sur place. Cela signifie que des compensations dans des sites voisins ne sont pas autorisées, le périmètre du bilan correspond toujours au site en lui-même.

Sont exemptées des exigences ci-dessus les extensions de bâtiments existants, si la nouvelle construction comporte moins de 50 m<sup>2</sup> de surface de référence énergétique, ou si elle représente moins de 20% de la surface de référence énergétique du bâtiment existant sans pour autant dépasser 1000 m<sup>2</sup>.

### 1.3 Règles de calcul et facteurs de pondération

Pour calculer les besoins annuels pondérés en énergie pour le chauffage, la préparation de l'eau chaude, la ventilation et le rafraîchissement, on divise les besoins de chaleur utile pour le chauffage  $Q_{n,eff}$  et pour l'eau chaude sanitaire  $Q_{Ww}$  par le rendement  $\eta$  des appareils de chauffage choisis. Le résultat est multiplié par le facteur de pondération  $g$  des agents énergétiques utilisés. Au résultat de la multiplication, on additionne la dépense d'électricité pour la ventilation et le rafraîchissement ELK, également pondérée par le facteur de pondération  $g$  correspondant.

Outre les besoins d'électricité pour la production de froid et le rafraîchissement, les besoins électriques pour la distribution du froid font également partie des besoins électriques du rafraîchissement.

Si la production de chaleur est réalisée par une pompe à chaleur, il faut alors utiliser le coefficient de performance annuel COPa en tant que rendement. En ce qui concerne le COPa, il faut prendre en compte les besoins en électricité pour surmonter la chute de pression dans le condensateur et dans l'évaporateur ainsi que les besoins en électricité de l'installation de sources de chaleur (y c. perte de dégivrage avec l'air en tant que source de chaleur). Pour calculer le COPa, il est possible d'utiliser l'outil de calcul pour les pompes à chaleur PACesti [5] ([www.endk.ch](http://www.endk.ch)).

En général, on ne tient compte, dans le calcul des besoins énergétiques, que de l'énergie de grande valeur injectée dans le bâtiment pour assurer le chauffage des locaux, le chauffage de l'eau chaude sanitaire, la ventilation et le rafraîchissement des pièces. Par contre, on ne tient pas compte d'une éventuelle énergie de production (process), qui dépend du mode d'utilisation des locaux.

Le courant issu de l'autoproduction d'électricité n'est pas compris dans le calcul des besoins énergétiques pondérés. Fait exception l'électricité issue d'installations CCF.

Les rejets de chaleur d'un procédé pour lequel les besoins d'énergie sont déjà compris dans l'indice énergétique sont pondérés avec un facteur 0 (par exemple: rejets de chaleur d'une installation frigorifique pour le rafraîchissement de locaux ou rejets de chaleur des écoulements d'eau du bâtiment considéré). En ce qui concerne l'utilisation des rejets de chaleur issus de l'énergie industrielle, il faut toujours prendre en compte la consommation supplémentaire d'énergie pondérée qui résulte inévitablement de l'exploitation des rejets thermiques.

La consommation électrique pour les rubans chauffants doit être prise en compte.

Pour la pondération des agents énergétiques des différents systèmes de production de chaleur, les facteurs de pondération suivants s'appliquent [4] :

Facteurs de pondération

Producteur de chaleur	Pondération g
Chaudière à mazout	1.00
Chaudière à mazout à condensation	1.00
Chaudière à mazout à condensation. Eau chaude.	1.00
Chaudière à gaz	1.00
Chaudière à gaz à condensation	1.00
Chaudière à gaz à condensation. Eau chaude	1.00
Chauffe-eau à gaz	1.00
Chauffage au bois	0.50
Chauffage au pellets	0.50
Chaleur à distance (min. 50% énergies ren.)	0.60
Chauffage central électrique	2.00
Chauffage électrique direct	2.00
Chauffe-eau électrique	2.00
CCF (fossile) - part thermique et électrique	1.00
CCF (bois) - part thermique et électrique	0.50
Pompe à chaleur air-air, chauffage	2.00
Pompe à chaleur air-air, eau chaude	2.00
Pompe à chaleur géothermique, chauffage	2.00
Pompe à chaleur géothermique, eau chaude	2.00
Pompe à chaleur eau usée (directe), chauffage	2.00
Pompe à chaleur eau usée directe, eau chaude	2.00
Pompe à chaleur eau-eau, chauffage	2.00
Pompe à chaleur eau-eau, eau chaude	2.00
Pompe à chaleur eau souterraine, directe, chauffage	2.00
Pompe à chaleur eau souterraine, directe, eau chaude	2.00
Pompe à chaleur eau souterraine, indirecte, chauffage	2.00
Pompe à chaleur eau souterraine, indirecte, eau chaude	2.00
Pompe à chaleur registre terrestre, chauffage	2.00
Pompe à chaleur registre terrestre, eau chaude	2.00
Capteurs solaires thermiques, chauffage	0.00
Capteurs solaires thermiques, eau chaude	0.00
Capteurs solaires thermiques, chauffage et eau chaude	0.00
Rubans chauffants	2.00
Rejets thermiques issus de climatisation	2.00
Rejets thermiques issus de froid industriel	2.00
PAC air fourni/repris avec récup. de chaleur	2.00
PAC air fourni/repris sans récup. de chaleur	2.00
PAC air repris sans air fourni	2.00
PAC compacte avec récup. de chaleur	2.00
PAC compacte sans récup. de chaleur, chauffage	2.00
PAC compacte sans récup. de chaleur, eau chaude	2.00
Biomasse, connectée	0.50
<b>Chaleur à distance (&lt;=25% renouvelable)</b>	<b>1.00</b>
<b>Chaleur à distance (&gt;25% renouvelable)</b>	<b>0.80</b>
<b>Chaleur à distance (&gt;75% renouvelable)</b>	<b>0.40</b>
Pompe à chaleur à gaz, chauffage	1.00
Pompe à chaleur à gaz, eau chaude	1.00


## 2 Onglet « Entrées »

### 2.1 Code couleur

#### 2.1.1 Jaune foncé

Jaune foncé =  
saisie obligatoire

Les champs jaune foncé sont des champs de saisie obligatoire. Cela s'applique en principe également aux champs d'identification en tête de l'onglet « Entrées ». Dans les nouvelles constructions, il arrive en effet que tous ces champs ne soient pas encore connus. Dans ce cas, il suffit de saisir dans l'en-tête du formulaire les données connues servant à l'identification univoque du projet de construction :

v2.4		Formulaire EN101b, v2.4, à utiliser jusqu'au 31 décembre 2020	
 Konferenz Kantonaler Energiefachstellen Conférence des services cantonaux de l'énergie		<b>EN-101b</b>	
		<b>Justificatif énergétique</b> <b>Besoin d'énergie</b> Preuve calculée	
Commune:	Fribourg	N° cadastre:	550
Objet:	Immeuble collectif	N° bâtiment:	
		EGID:	

#### 2.1.2 Vert clair

Vert clair = liste  
déroulante

Les champs vert clair sont des listes déroulantes (champs de saisie drop-down). A l'exception de la catégorie d'ouvrage, tous les champs vert clair doivent obligatoirement être remplis. En ce qui concerne la catégorie d'ouvrage, il y a autant de champs à saisir que de zones existantes, les autres champs peuvent rester vides :

Données sur le bâtiment		Altitude: 600 m		Canton: Fribourg		
(Selon la norme SIA 380/1)		Justificatif pour: Preuve officielle		Station climat: Bern Liebefeld		
Zone		1	2	3	4	Somme
Catégorie d'ouvrage		Habitat collectif	Administration			(moyenne)
Avec eau chaude?		oui	non			
Surface de référence énergétique SRE	A <sub>E</sub> m <sup>2</sup>	860	630			1 490
Nouvelle construction		oui	oui			

En principe, il faut toujours remplir le formulaire justificatif de haut en bas. En fonction du contenu des autres champs situés plus haut, le contenu des listes déroulantes peut varier. Les choix proposés pour la station climatique par exemple dépendent du canton sélectionné :

Données sur le bâtiment		Altitude: 600 m		Canton: Fribourg		
(Selon la norme SIA 380/1)		Justificatif pour: Preuve officielle		Station climat: Bern Liebefeld		
Zone		1	2	Bern Liebefeld Adelboden		
Catégorie d'ouvrage		Habitat collectif	Administration			
Avec eau chaude?		oui	non			
Surface de référence énergétique SRE	A <sub>E</sub> m <sup>2</sup>	860	630			
Nouvelle construction		oui	oui			

Le fait de modifier après coup une liste déroulante située plus haut peut donc entraîner des erreurs !

### 2.1.3 Jaune clair

Jaune clair =  
saisie facultative

Les champs jaune clair sont des champs de saisie facultative. Si la question concernée ne s'applique pas dans le cas présent, il est alors possible de laisser ce champ vide.

### 2.1.4 Triangle rouge dans le coin

Commentaire

Si Excel est correctement réglé, un triangle rouge apparaît dans le coin de la cellule pour de nombreuses questions. Ce triangle indique qu'un commentaire est disponible. Si l'on survole ce triangle avec la souris, une explication concernant la saisie en question s'affiche.

<b>Données sur le bâtiment</b>	Altitude: 600 m		Canton: Fribourg		
(Selon la norme SIA 380/1)	Justificatif pour: Preuve officielle		Station climat: Bern Liebefeld		
Zone	1	2	3	4	<b>Somme</b>
Catégorie d'ouvrage	Habitat collectif Administration				(moyenne)
Avec eau chaude?	A calculer toujours sans eau chaude sanitaire: restaurants, installations sportives, piscines couvertes.				
Surface de référence énergétique SRE	A calculer toujours avec eau chaude sanitaire: habitats individuels et collectifs, hôpitaux.				1 490
Nouvelle construction	Les administrations, écoles, commerces, lieux de rassemblement, industries et entrepôts peuvent être calculés sans eau chaude s'il n'existe pas de système de distribution d'eau chaude (p. ex. uniquement des petits chauffe-eau individuelles dans les locaux de nettoyage d'une école).				

## 2.2 Type de justificatif

### 2.2.1 Preuve officielle

Preuve officielle

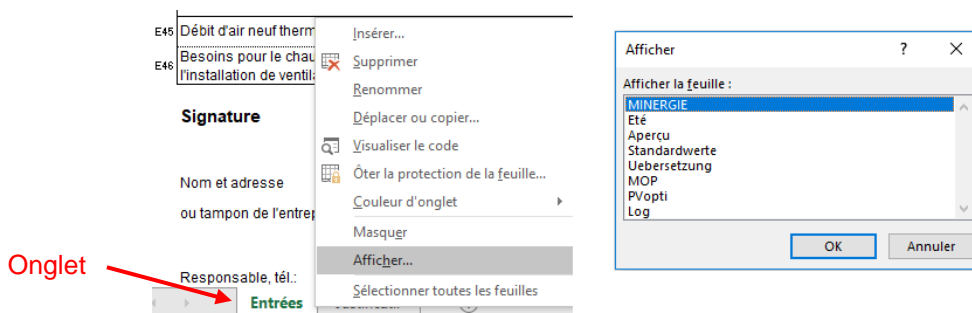
Pour le justificatif de calcul des exigences concernant la couverture des besoins de chaleur dans les nouvelles constructions conformément au MoPEC 2014 (Version 2018 [2]), il faut sélectionner « Preuve officielle ». Dans ce cas, seuls les nouveaux éléments de construction sont pris en compte.

En revanche, si l'on sélectionne Minergie, les éléments de construction existants seront également pris en compte proportionnellement dans la valeur limite (selon la SRE).

### 2.2.2 Passer au justificatif Minergie [5]

Justificatif  
Minergie

Le formulaire justificatif EN101b peut également être utilisé pour le justificatif Minergie [5]. Pour ce faire, il faut sélectionner le justificatif Minergie en question et afficher les onglets « MINERGIE », « Eté » et « Aperçu ». A cet effet, faites un clic droit sur un onglet visible, cliquez ensuite sur Afficher et sélectionnez l'onglet correspondant.



## 2.3 Données sur le bâtiment

L'onglet « Entrées » contient des données générales relatives au bâtiment, qui peuvent être en grande partie reprises du calcul des besoins de chaleur pour le chauffage selon SIA 380/1:2016 [12].

Données sur le bâtiment			Altitude: 600 m		Canton: Fribourg		
(Selon la norme SIA 380/1)			Justificatif pour: Preuve officielle		Station climat. Bern Liebefeld		
Zone			1	2	3	4	Somme
Catégorie d'ouvrage			Habitat collectif	Administration			(moyenne)
Avec eau chaude?			oui	non			
Surface de référence énergétique SRE	Å <sub>e</sub>	m <sup>2</sup>	860	630			1 490
Nouvelle construction			oui	oui			

### 2.3.1 Altitude

A côté de « Altitude », il faut indiquer l'altitude à laquelle se trouve le projet de construction. Cette valeur est utilisée pour contrôler la plausibilité de la station climatique et pour calculer le rendement solaire des installations solaires thermiques.

### 2.3.2 Station climatique

Chaque canton détermine de manière autonome quelle station climatique doit servir au calcul sur le site actuel du projet. Les stations disponibles dépendent du choix du canton et ne s'affichent que lorsqu'un canton a déjà été sélectionné. La correction climatique de la valeur limite est déterminée sur la base de la station climatique sélectionnée. Actuellement, les corrections climatiques suivantes sont enregistrées pour la valeur limite :

Station climatique SIA 2028	Majoration climatique en kWh/m <sup>2</sup>
Adelboden	0
Davos	4
Disentis	0
Engelberg	2
Grand-St-Bernard	8
La Chaux-de-Fonds	0
Montana	0
Robbia	0
Samedan	8
San Bernadino	2
Scuol	2
Zermatt	2

Les corrections climatiques sont déterminées régulièrement selon la législation actuelle de chaque canton. Il se peut qu'à l'avenir, tous les cantons ne fixent pas le même supplément climatique pour la même station climatique. L'outil de justification EN101b.xlsx est élaboré en conséquence.

### 2.3.3 Catégorie d'ouvrage

La catégorie d'ouvrage correspond à définition de la norme SIA 380/1:2016. La valeur énergétique limite à respecter est déterminée en fonction de la catégorie d'ouvrage et de la station climatique (cf. chapitre 1.2). De plus, celle-ci indique si un justificatif peut être mené avec ou sans eau chaude dans la catégorie en question.

### 2.3.4 Avec de l'eau chaude ?

En fonction de la catégorie d'ouvrage, le justificatif peut être mené en tenant compte ou non de l'eau chaude :

Lorsque dans un bâtiment des catégories III Administration, IV Écoles, V Commerce, VII Lieux de rassemblement, IX Industrie ou X Dépôts, les besoins en eau chaude s'avèrent très bas, c'est-à-dire sans système de distribution d'eau chaude (p. ex. uniquement de petits chauffe-eau dans les locaux de nettoyage des écoles), l'indice de dépense d'énergie peut être calculé sans tenir compte de l'eau chaude.

La valeur standard des besoins d'eau chaude selon la norme SIA 380/1:2016 est alors déduite de la valeur limite. Celle-ci s'élève à (environ) :

Besoins en eau  
chaude selon la  
SIA 380/1:2016

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
		habitat collectif	habitat individuel	administration	école	commerce	restauration	lieu de rassemblement	hôpital	industrie	dépôt	installation sportive	piscine couverte
besoins de chaleur pour l'eau chaude sanitaire*	$Q_w$ kWh/m <sup>2</sup>	21	14	7	7	7	56	14	28	7	1	83	83

Exemple catégorie Administration = 40 kWh/m<sup>2</sup> valeur limite

Besoins en eau chaude standards = 7 kWh/m<sup>2</sup> pour WW

Valeur limite qui en résulte = 40 kWh/m<sup>2</sup> - 7 kWh/m<sup>2</sup> = 33 kWh/m<sup>2</sup>

### 2.3.5 Surface de référence énergétique SRE

SRE

La SRE doit correspondre à la SRE du calcul SIA 380/1:2016.

### 2.3.6 Nouvelle construction

Pour le justificatif de calcul des exigences concernant la couverture des besoins de chaleur, seules les nouvelles constructions sont prises en compte selon le justificatif officiel. On ne prend pas en considération les bâtiments anciens dans l'établissement des justificatifs.

## 2.4 Installations de ventilation et de rafraîchissement pour les petites installations

Dans le deuxième paragraphe de l'onglet « Entrées », les installations de ventilation et de rafraîchissement sont définies. De plus, il faut également reporter les besoins de chaleur effectifs  $Q_{h,eff}$  par zones à partir du calcul SIA 380/1:2016. Cet affichage souligne le fait que, dans les besoins de chaleur effectifs  $Q_{h,eff}$ , on tient compte de la récupération de chaleur de l'installation de ventilation dont le calcul du débit d'air neuf thermiquement actif effectué dans l'outil de justification EN101b.xlsx est requis.

La section sur les installations de ventilation est divisée en deux : une partie destinée à la saisie des petites installations de ventilation standard et une partie destinée à la saisie des valeurs issues de calculs externes d'installations de ventilation et de rafraîchissement. En général, ces deux parties sont utilisées de façon alternative:

Installations de ventilation et de climatisation <span style="float: right;">1)</span>						
Le débit d'air neuf thermiquement actif calculé en F45-I45 est à introduire dans le calcul des besoins de chaleur pour le chauffage (SIA 380/1)						
Données pour installation de ventilation standard	Zone	1	2	3	4	Somme
Petite installation avec valeurs standard		oui	non			
Type d'installation de ventilation standard		Double flux				
Locaux avec air fourni ou nombre de personnes		23				
Récupération de chaleur-Echangeur de chaleur		Contre-courant				
Entrainement de ventilateur avec		Moteur DC/EC				
Débit d'air nominal	m <sup>3</sup> /h	690				690
<b>Calcul externe</b> <span style="float: right;">1) Joindre un calcul externe et introduire les valeurs aux cellules F40 - I43</span>						
Rafraîchissement et/ou humidification ?		aucune	Refroidissement			
Débit d'air neuf thermiquement actif	V'	m <sup>3</sup> /h	750			750
Besoins d'électricité pour la ventilation et la protection antigèle	$Q_{e,L}$	kWh	1 200			1 200
Besoins d'électricité pour la climatisation et l'humidification	$Q_{e,K}$	kWh	850			850
Besoins d'électricité pour le transport du froid et pour les auxiliaires	$Q_{e,B}$	kWh	150			150
<b>Qh avec débit d'air thermiquement actif</b>						
Débit d'air neuf thermiquement actif	V'/A <sub>E</sub>	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	0.36	1.34		0.77
Besoins pour le chauffage effectif avec l'installation de ventilation	$Q_{h,eff}$	kWh/m <sup>2</sup>	27.2	20.8		24.5

Qu'appelle-t-on petites installations?

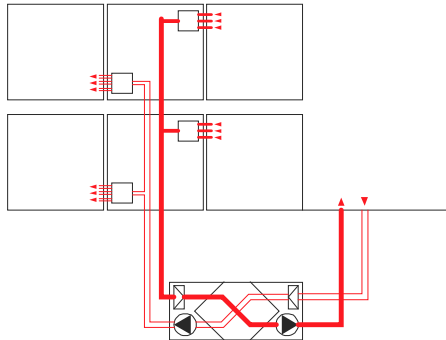
Dans le cas d'une affectation résidentielle pour des maisons individuelles et immeubles collectifs (catégorie I et II) jusqu'à 2000 m<sup>2</sup> de surface de référence énergétique par zone et, pour la catégorie Administration et Ecole, jusqu'à 1000 m<sup>2</sup> de surface de référence énergétique, il est possible d'effectuer dans l'outil EN101b.xlsx un calcul simplifié du renouvellement d'air rendant inutile un calcul externe du débit d'air neuf thermiquement actif et des besoins en électricité pour la ventilation. Ce type de calcul est facultatif, mais autorisé si de meilleures valeurs que celles indiquées sont réclamées.



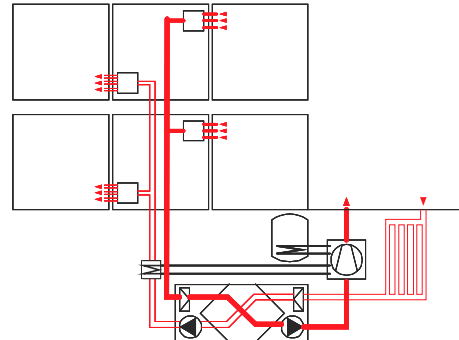
### 2.4.2 Types d'installation de ventilation standard

Types de ventilation standard

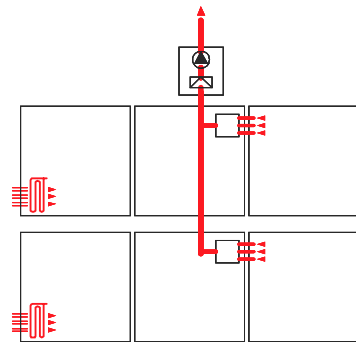
Les types de ventilation standard suivants sont à disposition :



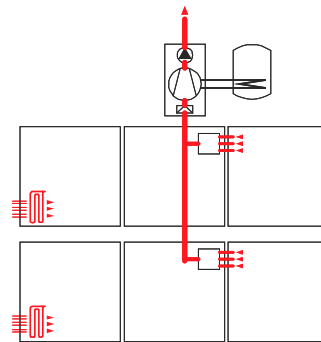
Aération douce avec récupération de chaleur (ventilation + RC) [3]



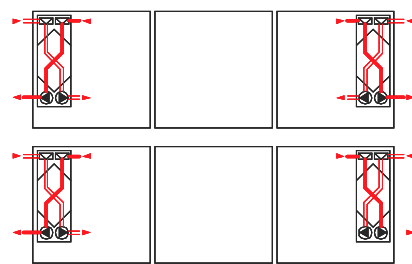
Air fourni et air repris avec RC et pompe à chaleur sur l'air repris (ventilation + PAC) [3]



Installation d'extraction de l'air, év. avec prises d'air (air repris uniquement) [3]



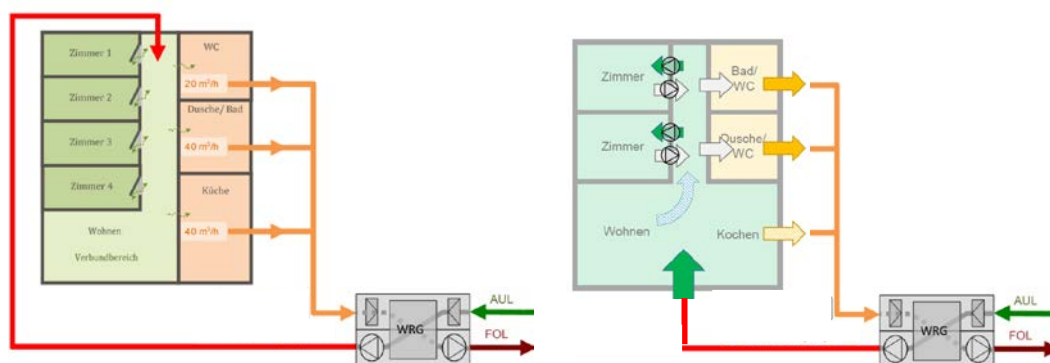
Installation d'extraction de l'air avec pompe à chaleur sur l'air repris (air repris – PAC) [3]



Ventilation par pièce [3]



Aération automatique par les fenêtres [3]



Ventilation de base [3]

Ventilation reliée [9]

Dès lors que le bâtiment a une fonction d'habitation, sert de bâtiment administratif ou d'école et que la SRE de la zone ne dépasse pas 2000 m<sup>2</sup> (ou 1000 m<sup>2</sup> pour les bâtiments administratifs et les écoles), il est possible de remplir la partie « Données pour installation de ventilation standard ». Dans ce cas, le calcul s'effectue au moyen des valeurs les plus défavorables (worst-case values). Si l'installation de ventilation obtient des valeurs meilleures que celles proposées, il est possible de sélectionner « non » dans « Petite installation avec valeurs standard » et de saisir directement le débit d'air neuf thermiquement actif et les besoins d'électricité pour la ventilation et la protection antigèle dans la rubrique « Calcul externe ».

**Remarque :** Dans la version actuelle, les combinaisons insensées entre un type de ventilation et un type de récupération de chaleur ne sont pas considérées !

### 2.4.3 Calcul de la quantité d'air des installations de ventilation standard

Si l'on répond « oui » sous « Petite installation avec valeurs standard » dans le cas d'affectations résidentielles (habitat individuel ou habitat collectif), le nombre de locaux avec air fourni doit alors être indiqué dans le champ jaune. Dans ce cas, pour les aérations douces avec RC p. ex., le taux de renouvellement d'air est fixé à 30 m<sup>3</sup>/h par pièce avec air fourni. Pour la catégorie d'affectation Administration et Ecole, il faut indiquer le nombre de personnes dans les conditions de dimensionnement. En ce qui concerne les installations de ventilation standard, le taux de renouvellement d'air se situe à 30 m<sup>3</sup>/h par personne pour la catégorie Administration, et à 25 m<sup>3</sup>/h pour la catégorie Ecoles :

Zone			1	2
Catégorie d'ouvrage			Habitat collectif	Administration
Avec eau chaude?			oui	non
Surface de référence énergétique SRE	A <sub>E</sub>	m <sup>2</sup>	500	500
Nouvelle construction			oui	oui

Installations de ventilation et de climatisation				1)
Le débit d'air neuf thermiquement actif calculé en F45-I45 est à introduire dans le calcul des besoins de				
Données pour installation de ventilation standard		Zone	1	2
Petite installation avec valeurs standard			oui	oui
Type d'installation de ventilation standard			Double flux	Double flux
Locaux avec air fourni ou nombre de personnes			12	25
Récupération de chaleur-Echangeur de chaleur			Contre-courant	Contre-courant
Entrainement de ventilateur avec			Moteur DC/EC	Moteur DC/EC
Débit d'air nominal		m <sup>3</sup> /h	360	750

Nombre de locaux avec air fourni

Nombre de personnes

En fonction du type de ventilation, la quantité d'air par pièce avec air fourni ou par personne est fixée différemment :

Type de ventilation:	Hab. individuel m <sup>3</sup> /h/chambre	Hab. collectif	Administration m <sup>3</sup> /h/personne	Ecole
Pas de ventilation				
FOU/REP sans RC	30	30	30	25
Double flux	30	30	30	25
FOU/REP+PAC	40	40	40	33
REP	40	40	40	33
REP+PAC	40	40	40	33
Par Local	30	30	30	25
Fen. auto	40	40	40	33
Vent. de transfert d'air	30	30	30	25
Vent. de base	20	20	30	25

Quantité d'air  
minimale

A ce propos, il convient de noter que pour les affectations résidentielles, un débit d'air fourni d'au moins 30 m<sup>3</sup>/h est utilisé pour 50 m<sup>2</sup> de SRE ; pour les bâtiments administratifs, au moins 30 m<sup>3</sup>/h d'air fourni pour 20 m<sup>2</sup> de SRE et pour les écoles, au moins 25 m<sup>3</sup>/h de débit d'air fourni pour 10 m<sup>2</sup> de SRE.

Si la quantité d'air effective est nettement moins importante que la quantité d'air minimale, la quantité d'air peut alors également être calculée de façon externe. Dans ce cas, il faut répondre « non » sous « Petite installation avec valeurs standard ».

#### 2.4.4 Récupération de chaleur des installations de ventilation standard

Rendement de la  
RC

Pour les installations de ventilation standard, en fonction du type de récupération de chaleur sélectionné, on tient compte du taux de récupération de chaleur suivant:

Pas de récupération de chaleur	0%
Echangeur à courant croisé	45%
Echangeur à contre-courant	70%
Echangeur rotatif	70%
Récupération de chaleur enthalpie	60%

Si la récupération de chaleur effective est nettement plus importante que la valeur ci-dessus, l'installation de ventilation peut alors également être calculée de façon externe. Dans ce cas, il faut répondre « non » sous « Petite installation avec valeurs standard ». Il convient toutefois de noter qu'il faut toujours indiquer le rendement à sec de la RC car c'est le seul qui correspond au calcul des besoins de chaleur de la norme SIA 380/1:2016.

### 2.4.5 Récupération de chaleur pour les appareils de ventilation par local

Selon les recherches de H. Huber et M. Liniger [10], le bénéfice de la RC en dessous du point d'enclenchement de la fonction de protection contre le gel ne peut pas être pris en compte pour les appareils de ventilation par local standard en raison de la protection antigel. Dans les cas standard, il faudrait partir du principe que l'appareil de ventilation est ensuite éteint et que les pièces concernées sont aérées par la fenêtre. Les déperditions thermiques par renouvellement d'air (énergie et puissance) sont alors couvertes par le chauffage des locaux. Font exception les appareils avec échangeur enthalpique, qui fonctionnent encore à des températures plus basses.

De manière générale, la division entre le Plateau suisse et la région alpine est définie par l'emplacement du bâtiment / l'altitude. A partir de 800 m d'altitude, la déduction pour région alpine s'applique.

Il en résulte les valeurs arrondies suivantes pour les réductions de la RC:

Déduction standard concernant le rendement de récupération de chaleur	Plateau et régions alpines (côté sud)	Régions alpines (côté nord)
Echangeur à plaques conventionnel	10%	35%
Echangeur enthalpique	0%	10%

### 2.4.6 Débit d'air neuf thermiquement actif

Le débit d'air neuf thermiquement actif dépend non seulement du rendement de la récupération de chaleur, mais aussi du temps d'utilisation et du niveau de ventilation. En ce qui concerne notamment les bâtiments administratifs et les écoles, les temps d'utilisation sont nettement moins élevés que pour les logements. Lors du choix des installations de ventilation standard, cet effet est pris en compte par le facteur de correction suivant:

Type de ventilation:	Ind.	Collectif	Administration	Ecole
	Facteur de correction			
FOU/REP sans RC	87.3%	87.3%	28.5%	18.4%
Double flux	87.3%	87.3%	28.5%	18.4%
FOU/REP+PAC	87.7%	87.7%	28.6%	18.3%
REP	87.7%	87.7%	28.6%	18.3%
REP+PAC	87.7%	87.7%	28.6%	18.3%
Par Local	87.3%	87.3%	28.5%	18.4%
Fen. auto	100.0%	100.0%	28.6%	18.3%
Vent. de transfert d'air	87.3%	87.3%	28.5%	18.4%
Vent. de base	130.9%	130.9%	28.5%	18.4%

Pour déterminer le débit d'air moyen de la ventilation (en se basant sur le temps d'utilisation et le niveau de ventilation), le débit d'air nominal  $V$  (cf. chapitres 2.4.3) est désormais multiplié par le facteur de correction (*corr.*) issu du tableau ci-dessus.

$$v_o = 0,15 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$$

De plus, une infiltration  $v_o$  de  $0,15 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$  est incluse. Cette infiltration provient du renouvellement de l'air dû de fuites au niveau de l'enveloppe du bâtiment (portes, fenêtres, etc.). En dérogation à la norme SIA 380/1:2016, cette infiltration est également incluse dans l'exploitation de l'installation de ventilation. Ainsi, la détérioration du taux de récupération de chaleur, qui est due à la protection antigèle par bypass ou à la réduction de l'air fourni en cas de basses températures extérieures, est prise en compte, tout comme le débit volumique de l'air fourni et repris non compensé, qui est causé p. ex. par l'encrassement des filtres. Le taux de récupération de chaleur ne doit plus être réduit par ces effets (en dérogation à la norme SIA 380/1:2016).

Le débit d'air neuf thermiquement actif se calcule sur la base des facteurs d'influence décrits ci-dessus:

$$V'/A_E = V \times \text{corr} \times (1 - \eta_{WRG})/A_E + v_o$$

### 2.4.7 Calcul des besoins en électricité pour la ventilation des installations de ventilation standard

Besoins spéciaux en électricité pour la ventilation

Lors du choix des installations de ventilation standard, on utilise les besoins spécifiques en électricité pour la ventilation (en Wh/m<sup>3</sup> par m<sup>2</sup> de SRE) conformément au tableau suivant :

	Hab. collectif	Hab. individuel	Administration	Ecole
besoin spécifique de courant de la ventilation (avec moteur AC)				
FOU/REP sans RC	0.94	0.94	0.88	0.88
Double flux	0.94	0.94	0.88	0.88
FOU/REP+PAC	1.14	1.14	0.98	0.88
REP	0.58	0.58	0.58	0.58
REP+PAC	0.68	0.68	0.68	0.68
Par Local	0.70	0.70	0.70	0.70
Fen. auto	0.012	0.012	0.032	0.032
Vent. de transfert d'air	0.94	0.94	0.88	0.88
Vent. de base	0.94	0.94	0.88	0.88

Les besoins en électricité pour la ventilation sont calculés en multipliant le débit d'air nominal et la durée annuelle de 8760 h/a.

Entraînement de ventilateur

Lors du choix des ventilateurs AC ou DC, on divise par deux les besoins en électricité calculés :

<i>Données pour installation de ventilation standard</i>	Zone	1	2
Petite installation avec valeurs standard		oui	oui
Type d'installation de ventilation standard		Double flux	Double flux
Locaux avec air fourni ou nombre de personnes		12	25
Récupération de chaleur-Echangeur de chaleur		Contre-courant	Contre-courant
Entraînement de ventilateur avec		Moteur AC	Moteur DC/EC
Débit d'air nominal	m <sup>3</sup> /h	3	Moteur AC Moteur DC/EC

## 2.5 Ventilation avec calcul externe

### 2.5.1 Report depuis la feuille de ventilation externe

Si le calcul des installations de ventilation en tant qu'installations de ventilation standard est impossible (cf. chapitre 2.4), il faut alors reporter au minimum le débit d'air neuf thermiquement actif et les besoins en électricité pour la ventilation et la protection antigel à partir d'un calcul externe (par exemple à partir de le formulaire « Calcul des besoins en ventilation » EN-101d de l'EnFK [1]):

Installations de ventilation et de climatisation 1)						
Le débit d'air neuf thermiquement actif calculé en F45-I45 est à introduire dans le calcul des besoins de chaleur pour le chauffage (SIA 380/1)						
Données pour installation de ventilation standard	Zone	1	2	3	4	Somme
Petite installation avec valeurs standard		non				
Type d'installation de ventilation standard						donnée erronée
Nombre de locaux avec air fourni						
Récupération de chaleur-Echangeur de chaleur						
Entrainement de ventilateur avec						
Débit d'air nominal	m3/h					#N/A
Calcul externe 1) Joindre un calcul externe et introduire les valeurs aux cellules F40 - I43						
Rafraîchissement et/ou humidification ?		aucune				
Débit d'air neuf thermiquement actif	V' m3/h	844				844
Besoins d'électricité pour la ventilation et la protection antigel	Q <sub>v,EL</sub> kWh	15 084				15 084
Besoins d'électricité pour la climatisation et l'humidification	Q <sub>v,K</sub> kWh					
Besoins d'électricité pour le transport du froid et pour les auxiliaires	Q <sub>v,B</sub> kWh					

Formulaire « Calcul des besoins en ventilation » EN-101d:

EnFK Konferenz Kantonaler Energiefachstellen Conférence des services cantonaux de l'énergie		Calcul des besoins en ventilation (EN-101d)				les cellules présentant un fond vert ou jaune foncé doivent obligatoirement être renseignées									
Projet: <b>Construction d'un immeuble collectif à Fribourg</b>															
Reports sur le formulaire EN 101b ou sur le formulaire Minergie.															
Débit d'air neuf thermiquement actif								844	m3/h	(va)					
Besoins en électricité pour la ventilation								15 084	kWh/a	(Ve)					
Design. inst.	En SRE	Affectation	Surface	Type de ventilation	Quantité d'air (de dimensionnement)			Ventilateurs (- pompes pour les systèmes reliés par circuit d'eau glycolée)			Régulation / Réglage		Heures de pleine charge Ventilation		
					m3/h	m3/h	EC	kW	kW			h/a	h/a		
Total en SRE =			2 600		3 440	Valeur calculée	3 350	X	2.10	2.10	En deux étapes	Saisie	Saisie	7 008	Ech
Non	Imm. coll. SRE =	2 600	Air fourni et air repris avec récupération		30	30		0.12	0.12	En une étape, en fonction du temps			3 000	3 000	

Aux heures de pleine charge notamment, le formulaire « Calcul des besoins en ventilation » EN-101d se base sur les données relatives à l'affectation par pièce pour l'énergie et les installations techniques du bâtiment de la norme SIA 2024:2015 [11]. C'est pourquoi il faut toujours indiquer les données de puissance en condition de dimensionnement (puissance maximale et non puissance moyenne).

Ventilations en dehors de la SRE

Il convient de noter que les ventilations en dehors de l'enveloppe thermique du bâtiment (p. ex. ventilation des pièces adjacentes dans la cave) doivent être prises en compte. De plus, il faut également intégrer dans les besoins en électricité une éventuelle pompe de circulation fonctionnant avec un système de récupération de la chaleur.



Infiltration de  $v_o = 0,15 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  = A l'image des systèmes de ventilation standard, il faut ajouter ici aussi une infiltration  $v_o$  de  $0,15 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ , prenant également en compte la régulation bypass de la protection antigel et les quantités d'air asynchrones p. ex. en cas d'encrassement des filtres.

## 2.5.2 Besoins d'électricité pour le rafraîchissement et l'humidification

Il faut inclure  
l'énergie auxiliaire

Le calcul des besoins en électricité pour le rafraîchissement, et l'humidification doit être effectué dans un outil externe et annexé. Il est à noter qu'en ce qui concerne le froid, il ne faut pas uniquement inclure les besoins énergétiques pour la production de froid, mais aussi pour le rafraîchissement (besoins en électricité pompes et ventilateurs ainsi que la préparation de l'eau et le maintien hors gel du circuit de refroidissement), les évaporateurs et pompes de condensation, les énergies auxiliaires (chauffage de carters d'huile, etc.) et toutes les pompes et ventilateurs pour la distribution du froid.

En ce qui concerne le calcul du rendement pour la production de froid, il convient de souligner que de nombreux fournisseurs mettent tout en œuvre pour que leurs machines frigorifiques paraissent plus efficaces qu'elles ne le sont réellement. Pour ce faire, plusieurs astuces sont utilisées:

- Evaporateurs et pompes de condensation négligés
- Indication de l'efficacité comme une moyenne sur la durée de fonctionnement, parfois également durant la période de chauffage (p. ex. utilisation du coefficient d'efficacité frigorifique énergétique [SEER])
- Indication de l'efficacité en charge partielle sans réduction du débit par l'évaporateur et le condenseur

Lors de l'indication des besoins en électricité pour le rafraîchissement, il faut inclure les besoins en électricité effectifs attendus de toutes les installations frigorifiques prévues, y c. toutes les énergies auxiliaires et non un quelconque « besoin normalisé » d'une installation imaginaire. Si le froid est mis à disposition également durant la période de chauffage et ne permet pas d'exclure un chauffage et un rafraîchissement simultanés, il faut alors également tenir compte pour la saisie des besoins de chaleur  $Q_{h,eff}$ , outre des besoins en électricité pour le rafraîchissement, des besoins de chaleur accrus par rapport au calcul SIA 380/1.

## 2.5.3 Froid industriel

Le froid industriel ne doit pas être intégré aux besoins en rafraîchissement pour le justificatif (p. ex. froid commercial ou refroidissement des locaux de serveurs, etc.). Les rejets thermiques issus du froid industriel doivent être utilisés conformément aux prescriptions légales, mais ne peuvent pas être inclus directement dans le justificatif. Ils peuvent cependant être utilisés en tant que source de chaleur de façon analogue à la chaleur environnante, p. ex. dans une pompe à chaleur, et insérés dans l'onglet « Justificatif ». Dans ce cas, les besoins additionnels en énergie, par rapport à un refroidissement avec la meilleure technique, doivent être inclus dans le rendement de la production de chaleur. Cela comprend, d'une part, les besoins additionnels en électricité pour augmenter le niveau de température pour l'exploitation des rejets thermiques par rapport à un refroidissement avec p. ex. un refroidisseur hybride dimensionné de manière optimale du point de vue énergétique et, d'autre part, toutes les énergies auxiliaires et de pompage pour utiliser les rejets thermiques.

### 2.5.4 Besoins d'électricité pour la chaleur et le transport du froid

Dans cette rubrique, il faut insérer tous les besoins en électricité des systèmes auxiliaires pertinents pour la chaleur et le transport du froid qui n'ont pas déjà été inclus dans le rendement ou qui surviennent également en dehors du temps d'utilisation d'une installation. Pour le justificatif officiel, il n'est pas utile d'intégrer les besoins en électricité pour la distribution de chaleur, à l'exception des besoins en électricité pour la pompe de charge des accumulateurs de chaleur. Tous les besoins en électricité pour la production et la distribution de froid ainsi que pour le côté source des pompes à chaleur pour le chauffage doivent être inclus.

### 2.6 Besoins de chaleur effectifs pour le chauffage $Q_{h,eff}$ ou $Q_{h,corr}$

Le calcul des besoins de chaleur pour le chauffage selon la norme SIA 380/1:2016 sert de base pour les besoins énergétiques des bâtiments [12]. Contrairement au justificatif de l'isolation thermique, qui se base également sur cette norme, les besoins de chaleur effectifs pour le chauffage  $Q_{h,eff}$  (tenant compte des installations de ventilation et de la récupération de chaleur mises en place) peuvent servir de base pour le calcul dans le cadre du justificatif visant au respect de la couverture de chaleur pondérés  $E_{hwk,li}$ .

Comme pour le justificatif Minergie, si la hauteur utile brute dépasse 3 m, les besoins de chaleur pour le chauffage  $Q_{h,eff}$  peuvent être corrigés en fonction des 3 m de hauteur utile brute (=  $Q_{h,corr}$ ), pour autant que cela n'ait pas déjà été fait dans le programme de justificatif de l'énergie SIA 380/1:2016. Une correction avec la hauteur utile moyenne n'est pas admise, toutes les surfaces partielles doivent être inscrites avec les hauteurs utiles correspondantes. Les besoins corrigés de chaleur pour le chauffage  $Q_{h,corr}$  sont à inscrire par zones comme besoins effectifs de chaleur pour le chauffage  $Q_{h,eff}$ .

Saisie en MJ/m<sup>2</sup>  
ou kWh/m<sup>2</sup>

A la ligne E46, il est possible de spécifier si les données relatives aux besoins de chaleur pour le chauffage doivent être indiquées en kWh/m<sup>2</sup> ou en MJ/m<sup>2</sup>. Il est recommandé de laisser les paramètres par défaut en kWh/m<sup>2</sup> car cela correspond à la norme actuelle SIA 380/1:2016 [12]:


E44	<i>Qh avec débit d'air thermiquement actif</i>		
E45	Débit d'air neuf thermiquement actif	V/A <sub>E</sub>	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> 1.84
E46	Besoins pour le chauffage effectif avec l'installation de ventilation	Q <sub>h,eff</sub>	<div style="border: 1px solid red; padding: 2px;"> <span style="background-color: #d9ead3; padding: 2px;">kWh/m<sup>2</sup></span> <span style="background-color: #fff2cc; padding: 2px;">27.2</span> </div> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; margin-top: 2px;"> <span style="background-color: #d9ead3; padding: 2px;">MJ/m<sup>2</sup></span> <span style="background-color: #d9ead3; padding: 2px;">kWh/m<sup>2</sup></span> </div>

### 3 Onglet « Justificatif »

#### 3.1 Production de chaleur

Le justificatif prévu pour la production de chaleur peut répertorier jusqu'à cinq producteurs différents. Quatre champs de calcul détaillés sont disponibles (production de chaleur A – D) plus un champ pour le report d'autres sources de production de chaleur.

v2.4 Formulaire EN101b, v2.4, à utiliser jusqu'au 31 décembre 2020

 Konferenz Kantonaler Energiefachstellen Conférence des services cantonaux de l'énergie	EN-101b	<b>Justificatif énergétique</b> <b>Besoin d'énergie</b> Preuve calculée		
--	---------	---	--	--

Production de chaleur:	Rendement / COPa		Taux de couverture [%]	
	Entrée	Valeur calculée	Chauffage	Eau chaude
<i>Production de chaleur A</i>				
<b>Chaudière à mazout à condensation, que chauffage</b>		0.91	92.0	
.....				
<i>Production de chaleur B</i>				
<b>Chauffe-eau électrique</b>		0.90		95.0
.....				
.....				
<i>Production de chaleur C</i>				
<b>Rubans chauffants</b>		1.00		5.0
.....				
<i>Production de chaleur D</i>				
.....				
<i>Report autres productions de chaleur</i>				
<b>autre</b>			8	
Electricité fournie (non pondérée) kWh				
Energie fournie (sans électricité, pondérée) kWh				
		<b>Taux de couverture total</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

Valeur calculée

La liste actuelle des systèmes de production de chaleur pouvant être sélectionnés ainsi que leurs facteurs de pondération figurent au chapitre 1.3.

#### 3.2 Rendement

La saisie des rendements (= coefficient de performance annuel des pompes à chaleur) est facultative. Si le champ n'est pas rempli, l'outil EN101b.xlsx utilise alors la valeur la plus défavorable (worst-case value). Dans ce cas, il n'est plus nécessaire d'avoir un autre justificatif du rendement. L'outil prévoit également une valeur maximale possible pour le rendement. Si la valeur de saisie dépasse la valeur maximale possible, la valeur maximale sera utilisée pour le calcul et sera également indiquée ainsi dans le champ « Valeur calculée ».

Dans la version actuelle de l'outil EN101b.xlsx, les valeurs suivantes sont attribuées en tant que valeur par défaut (si la saisie est manquante) et valeur maximale pour le rendement:

Producteur de chaleur	fraction utile	
	$\eta$	$\eta$ max
Chaudière à mazout	0.85	0.90
Chaudière à mazout à condensation	0.91	1.00
Chaudière à mazout à condensation. Eau ch	0.88	0.95
Chaudière à gaz	0.85	0.90
Chaudière à gaz à condensation	0.95	1.00
Chaudière à gaz à condensation. Eau chaud	0.92	0.95
Chauffe-eau à gaz	0.70	0.90
Chauffage au bois	0.75	0.90
Chauffage au pellets	0.85	0.90
Chaleur à distance (min. 50% énergies ren.)	1.00	1.00
Chauffage central électrique	0.93	0.95
Chauffage électrique direct	1.00	1.00
Chauffe-eau électrique	0.90	0.95
CCF (fossile) - part thermique et électrique	0.80	0.90
CCF (bois) - part thermique et électrique	0.70	0.90
Pompe à chaleur air-air, chauffage	2.30	6.00
Pompe à chaleur air-air, eau chaude	2.30	5.00
Pompe à chaleur géothermique, chauffage	3.10	10.00
Pompe à chaleur géothermique, eau chaude	2.70	7.00
Pompe à chaleur eau usée (directe), chauffa	2.70	10.00
Pompe à chaleur eau usée directe, eau cha	2.80	7.00
Pompe à chaleur eau-eau, chauffage	2.70	10.00
Pompe à chaleur eau-eau, eau chaude	2.80	7.00
Pompe à chaleur eau souterraine, directe, c	3.20	10.00
Pompe à chaleur eau souterraine, directe, e	2.90	7.00
Pompe à chaleur eau souterraine, indirecte,	2.70	8.00
Pompe à chaleur eau souterraine, indirecte,	2.70	6.00
Pompe à chaleur registre terrestre, chauffag	2.90	8.00
Pompe à chaleur registre terrestre, eau cha	2.70	6.00
Capteurs solaires thermiques, chauffage	1.00	1.00
Capteurs solaires thermiques, eau chaude	1.00	1.00
Capteurs solaires thermiques, chauffage et e	1.00	1.00
Rubans chauffants	1.00	1.00
Rejets thermiques issus de climatisation	10.00	10.00
Rejets thermiques issus de froid industriel	10.00	10.00
PAC air fourni/repris avec récup. de chaleur	2.30	3.50
PAC air fourni/repris sans récup. de chaleur	2.70	3.90
PAC air repris sans air fourni	2.50	3.70
PAC compacte avec récup. de chaleur	2.30	3.50
PAC compacte sans récup. de chaleur, cha	2.70	3.90
PAC compacte sans récup. de chaleur, eau	2.50	3.70
Biomasse, connectée	0.75	0.85
Chaleur à distance (<=25% renouvelable)	1.00	1.00
Chaleur à distance (>25% renouvelable)	1.00	1.00
Chaleur à distance (>75% renouvelable)	1.00	1.00
Pompe à chaleur à gaz, chauffage	1.30	2.00
Pompe à chaleur à gaz, eau chaude	1.30	2.00

### 3.3 Taux de couverture

Le taux de couverture correspond à la part respective en pourcent de la production de chaleur. Le taux de couverture total (la somme de toutes les valeurs de taux de couverture) doit toujours être de 100%. En fonction du type de production de chaleur (p. ex. pour les installations solaires thermiques), il peut arriver que, du fait des conditions marginales choisies (p. ex. surface des capteurs), le rendement ne suffise pas à atteindre le taux de couverture souhaité. Dans ce cas, un chiffre noir apparaît dans la colonne du taux de couverture sous le champ jaune, indiquant le taux de couverture maximal possible. Cette valeur est alors considérée comme le taux de couverture, de sorte que dans l'exemple qui suit, le taux de couverture total de 100% ne peut plus être atteint:

<i>Production de chaleur B</i>					
<b>Chaudière à mazout à condensation, qu'eau chaude</b>				0.88	50.0
<i>Production de chaleur C</i>					
<b>Capteurs solaires thermiques, qu'eau chaude</b>				1.00	50.0
Surface d'absorbeur [m2]		4.5			46.5
Apport net par m2 d'absorbeur [kWh/m2]		463.2		Valeur calculée	Taux de couverture trop haut
<i>Production de chaleur D</i>					
<b>Rubans chauffants</b>				1.00	5.0
<i>Report autres productions de chaleur</i>					
<b>autre</b>					8
Electricité fournie (non pondérée)		kWh			
Energie fournie (sans électricité, pondérée)		kWh	<b>Taux de couverture total</b>	100.0	101.5

Taux de couverture <> 100%

### 3.4 Report / production spéciale de chaleur

Si plus de 4 types de production de chaleur sont requis ou s'il est impossible de sélectionner la production de chaleur prévue (p. ex. rejets thermiques directs à partir de processus industriels), le « Report autres productions de chaleur » peut être utilisé.

#### 3.4.2 Exemple pour le report

SRE issue de la feuille « Entrées »:

<b>Données sur le bâtiment</b>		Altitude:	600	m	Canton: Fribourg	
(Selon la norme SIA 380/1)		Justificatif pour:	Preuve officielle		Station climat: Bern Liebefeld	
Zone		1	2	3	4	Somme
Catégorie d'ouvrage		Habitat individuel				(moyenne)
Avec eau chaude?		oui				
Surface de référence énergétique SRE	A <sub>e</sub>	m <sup>2</sup>	320			320
Nouvelle construction		oui				

Feuille Justificatif:

Production de chaleur:	Rendement / COPa		Taux de couverture [%]	
<i>Production de chaleur A</i>	Entrée	Valeur calculée	Chauffage	Eau chaude
<b>PAC compacte avec air fourni/repris sans récup. de chaleur (qu'ea</b>		2.50		50.0
<i>Production de chaleur B</i>				
<b>Chauffage au bois</b>		0.75		35.0
<i>Production de chaleur C</i>				
<b>Rubans chauffants</b>		1.00		5.0

Production de chaleur: (chauffage et eau chaude)	η ou COPa	Pondératio n	Taux de couverture		Energie finale pondérée kWh/m <sup>2</sup>		Chaleur kWh/m <sup>2</sup>
			Chauffage	Eau chaude	Courant	autre	
PAC compacte sans récup. de chaleur, eau ch	2.50	2		50.0%	5.6		6.9
Chauffage au bois	0.75	0.5		35.0%		3.2	4.9
Rubans chauffants	1.00	2		5.0%	1.4		0.7
Besoin d'électricité ventilation		2			18.5		
Electricité climatisation + auxiliaires							
<b>Total:</b>				<b>90%</b>	<b>25.4</b>	<b>3.2</b>	<b>12.5</b>

Calcul des valeurs de report

**Degré de couverture:**

$$50\% + 35\% + 5\% = 90\%$$

**Energie fournie (sans électricité, pondérée):**

$$320 \text{ m}^2 \times 2,7 \text{ kWh/m}^2 = 864 \text{ kWh}$$

**Electricité fournie (non pondérée):**

$$320 \text{ m}^2 \times (5,6+1,4)/2 \text{ kWh/m}^2 = 1'120 \text{ kWh}$$

Saisie des valeurs de report

<i>Report autres productions de chaleur</i>					
<b>Report PAC/bois + rubans chauffants</b>					90
Electricité fournie (non pondérée)	kWh	1 120			
Energie fournie (sans électricité, pondérée)	kWh	864	<b>aux de couverture total</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

## 3.5 Exploitation des rejets de chaleur

### 3.5.1 Rendement et facteur de pondération

Un rendement et un facteur de pondération doivent être attribués à chaque type de production de chaleur. L'utilisation des rejets thermiques sans besoins supplémentaires en électricité n'est pas possible. Ces besoins supplémentaires en électricité (c'est-à-dire l'électricité qui est nécessaire uniquement car des rejets thermiques sont utilisés) peuvent être composés des éléments suivants :

- L'électricité pour valoriser l'énergie (p. ex. électricité nécessaire pour les pompes de circulation)
- L'électricité qui est nécessaire car le processus à travers lequel les rejets de chaleur sont produits n'est pas géré de manière optimale en raison de l'utilisation des rejets de chaleur (du point de vue du processus).

L'utilisation des rejets thermiques issus du froid industriel constitue un exemple pour le deuxième cas de figure. Ce processus se déroule de manière optimale lorsque le refroidissement peut être entrepris à des températures les plus basses possibles. La température de l'air extérieur peut servir ici de valeur de référence. Toutefois, d'un point de vue technique, il est généralement possible (et même souvent judicieux d'un point de vue énergétique) d'élever la température de refroidissement pour augmenter la part d'utilisation des rejets de chaleur. Il en résulte une consommation supplémentaire d'électricité due à l'utilisation des rejets de chaleur. Cela est en partie réalisé par le biais d'un compresseur supplémentaire placé dans l'installation frigorifique industrielle et permettant d'élever la température des rejets de chaleur à 45°C. Une autre possibilité consiste en un système de refroidissement dont le dimensionnement est trop petit ou trop sec, élevant sensiblement la température dans le circuit intermédiaire, ce qui augmente l'utilisation des rejets de chaleur mais détériore le processus par rapport à un dimensionnement du refroidissement optimal du point de vue énergétique.

Compte tenu de ce qui précède, les rejets de chaleur peuvent être considérés de façon analogue à une pompe à chaleur, avec l'électricité en tant qu'agent énergétique (-> facteur de pondération 2) et un rendement supérieur à 1 (où le rendement représente le rapport entre les rejets de chaleur utilisés et la consommation supplémentaire d'électricité liée à la valorisation et dans le processus [par rapport à un processus optimal]).

### 3.5.2 Rejets de chaleur provenant d'installations de production de froid confort

Etant donné que la production de froid confort n'a lieu qu'en été, elle peut être utilisée uniquement pour le préchauffage de l'eau, et non pas pour le chauffage. C'est pour cette raison que l'outil empêche son utilisation pour le chauffage. Au cours d'une année standard, la production de froid a lieu en Suisse durant 4 mois maximum, permettant de couvrir tout au plus 1/3 des besoins d'eau chaude. Il existe des restrictions supplémentaires comme la quantité de rejets de chaleur et



le niveau de température. Pour calculer la quantité maximale de rejets de chaleur utilisables, il faut multiplier les besoins en électricité déclarés pour la climatisation (cellule E42) par le rendement de la production de froid (EER) qui est à déclarer (cellule N9) et qui est limité à 5. Le niveau de la température des rejets de chaleur (déclaration dans N10) limite également le taux de couverture, en supposant une température de l'eau froide de 10°C et une température de l'eau chaude de 60°C.

La température maximale des rejets de chaleur issus de la production de froid est limitée à 45°C. Le taux de couverture maximal pour la production de l'eau chaude issue des rejets de chaleur se présente donc comme suit:

$$Taux\ de\ couv.\_{WW,Max} = \text{Min} \left[ \frac{1}{3} * \frac{T_{Rejets\ th.} - 10^{\circ}C}{(60^{\circ}C - 10^{\circ}C)} , \frac{1}{3} * \frac{EER * Courant(clim.)}{q_{ww} * SRE} \right]$$

Le rendement de l'utilisation des rejets de chaleur (qui correspond au COP des pompes à chaleur, c'est-à-dire les rejets de chaleur utilisés par rapport aux besoins supplémentaires en électricité pour l'utilisation des rejets de chaleur) est limité à 5.

Le schéma de saisie pour l'utilisation des rejets de chaleur issus de la production de froid se présente de la manière suivante:

Production de chaleur:	Rendement / COPa		Taux de couverture [%]	
	Entrée	Valeur calculé	Chauffage	Eau chaude
<b>Production de chaleur A</b>				
<b>Rejets thermiques issus de climatisation</b>		5.00		
Rendement de climatisation (EER)	5.0	6		23.3
Températures des rejets thermique [°C]	45.0	50		

### 3.5.3 Rejets de chaleur issus du froid industriel ou de l'IT

Contrairement aux rejets de chaleur issus de la production de froid confort, les rejets de chaleur issus du froid industriel et du refroidissement informatique sont disponibles toute l'année et peuvent donc aussi être utilisés pour le chauffage. Le taux de couverture est limité par la quantité d'énergie à disposition (déclarée dans N9) et la température des rejets de chaleur (déclarée dans N10 et limitée à 45°C). Comme pour le taux de couverture des capteurs solaires, on détermine toujours en premier lieu, pour les rejets de chaleur, le taux de couverture possible pour l'eau chaude:

$$Taux\ de\ couv.\_{WW,Max} = \text{Min} \left[ \frac{T_{Rejets\ th.} - 10^{\circ}C}{(60^{\circ}C - 10^{\circ}C)} , \frac{Q_{Rejets\ th.}}{q_{ww} * SRE} \right]$$

S'il reste de la chaleur à disposition après l'utilisation des rejets de chaleur pour préchauffer l'eau chaude, celle-ci peut encore être utilisée en hiver pour le chauffage:

$$Taux\ de\ couv.\_{Chauf.,Max} = \frac{1}{2} * \frac{(Q_{Rejets\ th.} - Taux\ de\ couv.\_{WW} * q_{ww} * SRE)}{q_h * SRE}$$

Le rendement de l'utilisation des rejets de chaleur (qui correspond au COP des pompes à chaleur, c'est-à-dire les rejets de chaleur utilisés par rapport aux besoins supplémentaires en électricité pour l'utilisation des rejets de chaleur) est limité à 10 en cas de température des rejets de chaleur de 30°C et à 5 en cas de température des rejets de chaleur de 45°C. Une interpolation linéaire est effectuée.

Le schéma de saisie pour l'utilisation des rejets de chaleur issus de la production de froid se présente de la manière suivante:

<i>Production de chaleur A</i>			Entrée	valeur calculée	Chauffage	Eau chaude
<b>Rejets thermiques issus de froid industriel</b>				5.00		
Rejets thermiques [kWh]		20000			1.5	70.0
Températures des rejets thermique [°C]	45.0	50				

### 3.5.4 Rejets de chaleur industriels


Outre les rejets de chaleur issus de la production de froid (cf. 3.5.2) et du froid industriel (refroidissement) ou des rejets de chaleur informatiques (cf. 3.5.3), il existe une multitude d'autres possibilités d'exploitation des rejets de chaleur. On peut citer p. ex. les rejets de chaleur issus de processus industriels. Si une pompe à chaleur est mise en œuvre pour utiliser ces rejets de chaleur, on peut déclarer ce type de production de chaleur en tant que pompe à chaleur eau-eau. Si les rejets de chaleur peuvent être directement utilisés (p. ex. pour chauffer un hall industriel à partir d'un processus industriel), ce type d'utilisation des rejets de chaleur peut alors être déclaré dans la rubrique « Report autres productions de chaleur », les principes du chapitre 3.5.1 devant également être pris en compte:

<i>Report autres productions de chaleur</i>						
<b>Rejets industriels</b>					30	
Electricité fournie (non pondérée)	kWh	1 540				
Energie fournie (sans électricité, pondérée)	kWh		<b>Taux de couverture total</b>		<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

### 3.6 Rubans chauffants

Besoins en  
électricité:  
35 kWh/m

Dès que des rubans chauffants sont utilisés dans la distribution d'eau chaude, une partie de l'eau chaude est également produite par ce biais. Les rubans chauffants peuvent être déclarés en tant que propres producteurs de chaleur. Le taux de couverture de cette production d'eau chaude peut par exemple être calculé avec l'outil PACesti [5]. En l'absence de données supplémentaires, on peut partir, pour les rubans chauffants, sur **35 kWh par mètre de ruban chauffant** (5 W x 7'000 h/a). Pour déterminer le taux de couverture, ces besoins en électricité doivent être mis en relation avec les besoins de chaleur pour l'eau chaude conformément à la norme SIA 380/1. Le taux de couverture doit être reporté comme suit dans l'onglet « Justificatif » :

v2.4		Formulaire EN101b, v2.4, à utiliser jusqu'au 31 décembre 2020			
		<b>EN-101b</b>		<b>Justificatif énergétique</b> <b>Besoin d'énergie</b> Preuve calculée	
<b>Production de chaleur:</b>		<b>Rendement / COPa</b>		<b>Taux de couverture [%]</b>	
<i>Production de chaleur A</i>		Entrée	Valeur calculée	Chauffage	Eau chaude
<b>Pompe à chaleur à gaz, seul. eau chaude</b>			1.30		92.0
<i>Production de chaleur B</i>					
<b>Rubans chauffants</b>			1.00	70.0	8.0
Rubans chauffants Chaudière à mazout Chaudière à mazout à condensation, que chauffage Chaudière à mazout à condensation, qu'eau chaude Chaudière à gaz Chaudière à gaz à condensation, que chauffage Chaudière à gaz à condensation, qu'eau chaude Chauffe-eau à gaz					

### 3.7 Pompes à chaleur et PACesti.xlsx

Pour les pompes à chaleur utilisées comme producteurs de chaleur, l'outil PACesti.xlsx est recommandé pour calculer le coefficient de performance COPa et le taux de couverture [5].

L'exemple ci-après d'une installation de pompe à chaleur bivalente à sondes géothermiques avec des sondes géothermiques de 2 x 165 m (dimensionnée avec [8]) et des capteurs solaires de 20 m<sup>2</sup> pour chauffer l'eau chaude avec un système de charge hygiénique électrique et des rubans chauffants de 45 m vise à montrer comment il est possible de reporter les résultats à partir de l'outil de calcul PACesti.xlsx [5] dans l'outil de justification EN-101b:

Exemple de calcul avec PACesti [5]

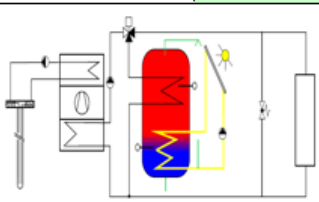
#### Feuille de calcul PACesti

Projet:

Construction d'un immeuble collectif à Fribourg

#### Données concernant le bâtiment

Station climatique:	Bern-Liebefeld		
Catégorie d'ouvrage	Habitat collectif		
Surface de référence énergétique SRE	A <sub>E</sub>	m <sup>2</sup>	800
Besoins de chaleur pour le chauffage selon SIA 380/1	Q <sub>h,eff</sub>	MJ/m2a	111
Déperditions par transmission selon SIA 380/1	Q <sub>T</sub>	MJ/m2a	170
Déperditions par renouvellement d'air selon SIA 380/1	Q <sub>V</sub>	MJ/m2a	55
Chauffage: pertes supplémentaires de distribution de chaleur		%	10%
Durée de coupure d'alimentation de la PAC		h/d	3
Puissance de chauffage nécessaire sans ECS à -7°C	valeur proposée: 15.4	kW	
Besoins de chaleur pour l'ECS selon SIA 380/1	Q <sub>sw</sub>	MJ/m2a	75.0
Eau chaude sanitaire: pertes supplémentaires d'accumulation et de distribution		%	

<b>Installation de pompe à chaleur</b>	Liste des PAC	Hersteller:	CTA AG
Nom et type de PAC		Typ:	Stw Optiheat OH 1-8es
Source de chaleur:		Pompe à chaleur sol/eau une vitesse	
Utilisation (chauffage ou eau chaude sanitaire)		Chauffage+ECS	
Accumulateur de chaleur		sans accumulateur chauffage	
Mode de fonctionnement de la PAC		Installation bivalente fossile	
Température de la source (entrée PAC)	°C		0
Valeurs de calcul pour T <sub>dép</sub> 35°C(Q <sub>h</sub> /CO <sub>2</sub> )	°C		7.7kW / 4.5
Puissance électrique soutirée par pompe saumure:		W	280
Sondes géothermiques:	Nombre: 2	Longueur: m	165
Température de dimensionnement des sondes (optionnel, calcul externe)		°C	0
Température cible du local le plus chaud (p.ex. salle de bains)		T <sub>i,soll</sub> °C	22
Température de départ du chauffage: (T <sub>a</sub> = -8°C)		T <sub>Dep</sub> °C	35
Température de retour du chauffage: (T <sub>a</sub> = -8°C)		T <sub>Ret</sub> °C	28
Type d'appoint électrique pour ECS:		Registre électrique pour postchauffage	
Température ECS garantie sans appoint électrique:		°C	55
Température ECS avec postchauffage électrique:		°C	60
Circulation d'ECS / câble chauffant	Câble chauffant	Länge: m	45

Exemple de calcul avec PACesti [5]

Type d'appoint électrique pour ECS :		Registre électrique pour postchauffage	
Température ECS garantie sans appoint électrique :	°C		55
Température ECS avec postchauffage électrique:	°C		60
Circulation d'ECS / câble chauffant	Câble chauffant	Länge:	m 45
<b>Installation solaire</b>		Chauffage solaire de l'ECS	
Surface des absorbeurs		m2	20.0
orientation / inclinaison des collecteurs	Azimut [°]:	10	Pente [°]: 40
Apport net par m2 d'absorbeur	valeur proposée:	457.2	kWh/m2a
Altitude par rapport au niveau de la mer		m	600
Taux de couverture solaire pour l'ECS	$\epsilon =$	%	54.9%
Taux de couverture solaire pour le chauffage	$\epsilon =$	%	0.0%

<b>Résultats</b>			
Part d'énergie fossile d'appoint pour le chauffage	$\epsilon =$	39.3%	kWh = 11 108
Part d'énergie électrique pour l'ECS	$\epsilon =$	8.0%	kWh = 1 422
Pertes en mode chauffage (démarrage, accumulateur, etc.)		2%	Etah = 98%
Pertes en mode préparation d'ECS (démarrage, accumulateur, etc.)		6%	Etaw = 94%
Durée de fonctionnement de la pompe à chaleur			h / a 3 339
Part et COP annuel de la pompe à chaleur pour le chauffage	$\epsilon =$	60.7%	JAZ <sub>n</sub> = 4.16
Part et COP annuel de la pompe à chaleur pour l'ECS	$\epsilon =$	37.1%	JAZ <sub>ww</sub> = 2.34

Production de chaleur:	Rendement / COPa		Taux de couverture [%]	
	Entrée	valeur calculé	Chauffage	Eau chaude
<b>Production de chaleur A</b>				
Pompe à chaleur géothermique, que chauffage	4.16	4.16	60.7	
<b>Production de chaleur B</b>				
Chaudière à gaz à condensation, que chauffage		0.95	39.3	8.0
<b>Production de chaleur C</b>				
Pompe à chaleur géothermique, qu'eau chaude	4.5	2.34		37.1
<b>Production de chaleur D</b>				
Capteurs solaires thermiques, qu'eau chaude			1.00	54.9
Surface d'absorbeur [m2]		20		54.9
Apport net par m2 d'absorbeur [kWh/m2]		457.2		
<b>Report autres productions de chaleur</b>				
Complément ECS et rubans chauffants				8
Electricité fournie (non pondérée)	kWh	1 422		
Energie fournie (sans électricité, pondérée)	kWh		<b>Taux de couverture total</b>	<b>100.0 100.0</b>

Données du bâtiment, ventilation et valeur limite	1	2	3	4	Total / Moyenne	
Qh avec renouvellement d'air effectif	kWh/m2	30.8				30.8
Besoin pour eau chaude Q <sub>ww</sub> SIA 380/1	kWh/m2	13.9				13.9
Besoin en électricité pour la ventilation	kWh/m2	4.9				4.9
Besoin en électricité pour la climatisation + auxiliaires	kWh/m2					
Valeur limite déterminante	kWh/m2	35.0				35.0

Report dans l'outil EN101b.xlsx

Production de chaleur: (chauffage et eau chaude)	$\eta$ ou COPa	Pondération n	Taux de couverture		Energie finale pondérée kWh/m2		Chaleur kWh/m <sup>2</sup>
			Chauffage	Eau chaude	Courant	autre	
Pompe à chaleur géothermique, chauffage	4.16	2	60.7%		9.0		18.7
Chaudière à gaz à condensation	0.95	1	39.3%			12.8	12.1
Pompe à chaleur géothermique, eau chaude	2.34	2		37.1%	4.4		5.2
Capteurs solaires thermiques, eau chaude	1.00			54.9%			7.6
Complément ECS et rubans chauffants				8.0%	3.6		1.1
Besoin d'électricité ventilation		2			9.9		
Electricité climatisation + auxiliaires							
<b>Total:</b>			<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>26.8</b>	<b>12.8</b>	<b>44.7</b>

### 3.8 Installations solaires thermiques

Dans le formulaire justificatif, il est possible de saisir trois types différents d'installations solaires (eau chaude uniquement / chauffage uniquement / chauffage + eau chaude). Pour les installations solaires destinées à la production d'eau chaude ainsi que les installations destinées à la production d'eau et au chauffage d'appoint, l'utilisateur ne doit saisir que la surface de capteurs. Le programme calcule automatiquement l'apport solaire ainsi que le taux de couverture. Si l'utilisateur sélectionne une installation destinée uniquement au chauffage, il faut, outre la surface nette de capteurs, également saisir manuellement l'apport solaire. Cette production peut être déterminée au moyen de programmes reconnus tels que le programme Polysun [10] (valable pour les trois types d'installations), mais également avec l'outil PACesti [5].

Comme principe de base, on distingue l'altitude des bâtiments : l'apport solaire pour les bâtiments situés à moins de 800 m (Plateau suisse) et pour ceux situés à plus de 800 m (Alpes) est calculé séparément.

Les valeurs de rendement enregistrées pour les installations solaires correspondent à un azimut de 45°C et à une inclinaison de 45°C et coïncident avec les valeurs de rendement de l'outil PACesti. La saisie de valeurs d'inclinaison et d'azimut divergentes peut entraîner des valeurs de rendement solaire divergentes.

#### 3.8.1 Installation solaire pour la production d'eau chaude

Apport solaire  $Q_{sww}$  [kWh/m<sup>2</sup>a] en dessous de 800 m d'altitude

$$Q_{sww} = \frac{640}{1 + \frac{380 \cdot AS}{EBF \cdot Q_{ww}}}$$

Apport solaire  $Q_{sww}$  [kWh/m<sup>2</sup>a] en dessus de 800 m d'altitude

$$Q_{sww} = \frac{700}{1 + \frac{380 \cdot AS}{EBF \cdot Q_{ww}}}$$

AS = surface de capteurs [m<sup>2</sup>]

EBF = SRE

Calcul du taux de couverture X [%] en dessous de 800 m d'altitude

$$X = \frac{640 - Q_{sww}}{3.8}$$

Calcul du taux de couverture X [%] en dessus de 800 m d'altitude

$$X = \frac{700 - Q_{sww}}{3.8}$$

Dans le justificatif, des taux de couverture allant jusqu'à max. 80% sont admis.

### 3.8.2 Installation solaire pour la production d'eau chaude et le chauffage d'appoint

Apport solaire  $Q_{SWW+H}$  [kWh/m<sup>2</sup>a] en dessous de 800 m d'altitude

$$Q_{SWW+H} = \frac{440}{1 + \frac{610 \cdot AS}{EBF \cdot (Q_{WW} + Q_H)}}$$

Apport solaire  $Q_{SWW+H}$  [kWh/m<sup>2</sup>a] en dessus de 800 m d'altitude

$$Q_{SWW+H} = \frac{490}{1 + \frac{610 \cdot AS}{EBF \cdot (Q_{WW} + Q_H)}}$$

AS = surface de capteurs [m<sup>2</sup>]

EBF = SRE

Calcul du taux de couverture X [%] en dessous de 800 m d'altitude

$$X = \frac{440 - Q_{SWW+H}}{6.1}$$

Calcul du taux de couverture X [%] en dessus de 800 m d'altitude

$$X = \frac{490 - Q_{SWW+H}}{6.1}$$

Un maximum de 70% des besoins annuels en énergie sont automatiquement attribués en première priorité à la production d'eau chaude sanitaire, le reste de l'apport solaire étant attribué au chauffage. Le taux de couverture total pour l'eau chaude et le chauffage ne peut pas excéder 80% des besoins annuels en énergie pour le chauffage et l'eau chaude.

Si l'apport solaire pour une installation de production d'eau chaude et de chauffage est calculé avec un programme de calcul reconnu, le résultat spécifique peut être saisi manuellement dans le champ jaune clair. Le taux de couverture est ainsi calculé automatiquement dans le formulaire justificatif. En première priorité, jusqu'à 100% de l'apport peut être attribué à l'eau chaude, l'apport solaire restant revient au chauffage. Les taux de couverture pour le chauffage et l'eau chaude peuvent également être saisis manuellement dans le formulaire justificatif en fonction du résultat provenant du programme de calcul reconnu. Le formulaire justificatif n'accepte toutefois que des valeurs égales ou inférieures au taux de couverture calculé automatiquement.

### 3.8.3 Photovoltaïque

Le photovoltaïque n'est pas pris en compte dans la couverture des besoins de chaleur.

## 4 Résultats de l'onglet « Justificatif »

### 4.1 Résumé des résultats

L'onglet « Justificatif » est un récapitulatif concernant les données relatives au bâtiment et à la ventilation, les caractéristiques de la production de chaleur et la comparaison avec les valeurs limites.

Les exigences supplémentaires qui doivent être respectées au-delà de la valeur limite ne sont pas saisies dans l'onglet du justificatif de calcul.

Dans une section à part, les annexes peuvent être indiquées séparément:

Données du bâtiment, ventilation et valeur limite		1	2	3	4	Total / Moyenne
Qh avec renouvellement d'air effectif	kWh/m2	30.8				30.8
Besoin pour eau chaude Q <sub>ww</sub> SIA 380/1	kWh/m2	13.9				13.9
Besoin en électricité pour la ventilation	kWh/m2					
Besoin en électricité pour la climatisation + auxiliaires	kWh/m2					
Valeur limite déterminante	kWh/m2	35.0				35.0

Production de chaleur: (chauffage et eau chaude)	$\eta$ ou COPa	Pondératio n	Taux de couverture		Energie finale pondérée kWh/m2		Chaleur kWh/m <sup>2</sup>
			Chauffage	Eau chaude	Courant	autre	
Pompe à chaleur géothermique, chauffage	4.16	2	60.7%		9.0		18.7
Chaudière à gaz à condensation	0.95	1	39.3%			12.8	12.1
Pompe à chaleur géothermique, eau chaude	2.34	2		37.1%	4.4		5.2
Capteurs solaires thermiques, eau chaude	1.00			54.9%			7.6
Complément ECS et rubans chauffants				8.0%	3.6		1.1
Besoin d'électricité ventilation		2					
Electricité climatisation + auxiliaires							
<b>Total:</b>			<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>17.0</b>	<b>12.8</b>	<b>44.7</b>

Respect des exigences:	Exigences	Valeur calculée	Respectée?
Valeur limite	35.0 kWh/m2	29.7 kWh/m2	oui

Annexes (déposer toute celles de la colonne de gauche)		x Marquer d'une croix ce qui convient	
x Schéma chauffage et ventilation		x	Calcul PACEsti
x Calculs externes et fiches techniques		x	Calcul ventilation (EN-101d)



## 5 Références

- [1] **EnDK / EnFK, Modèle de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC), 2018.**  
Edition 2014, version française (mise à jour 2018 - en raison de normes modifiées):  
Exigences concernant la couverture des besoins de chaleur dans les bâtiments à  
construire.  
Edition avril 2018. [www.endk.ch](http://www.endk.ch).
- [2] **EnFK, Aide à l'application EN-101, 2018:** Exigences concernant la couverture des  
besoins de chaleur dans les bâtiments à construire. Édition décembre 2018. [www.endk.ch](http://www.endk.ch).
- [3] **EnFK, EN-101d « Calcul des besoins en ventilation » (cf. EN-101b):**  
<https://www.endk.ch/fr/professionnels/justificatif-energetique>
- [4] **EnDK / OFEN, Facteurs de pondération nationaux pour l'évaluation des bâtiments.**  
Berne, 4 février 2016. [www.endk.ch](http://www.endk.ch).
- [5] **MINERGIE®, Règlement des labels 2020.1:** Règlement des labels MINERGIE® /  
MINERGIE-P® / MINERGIE-A®. Version 2020.1. [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch).
- [6] **MINERGIE®, Aide à l'utilisation 2020.1:** Aide à l'utilisation des labels MINERGIE® /  
MINERGIE-P® / MINERGIE-A®. Version 2020.1. [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch).
- [7] **Huber, A.; Stalder, M. 2018: Rechenmethode WPEsti (Méthode de calcul PACesti).**  
Manuel avec exemples Version 8.3 (en allemand). EWZ / Institut sur l'énergie Vorarlberg /  
Awel / GSP / Association Minergie. [www.endk.ch](http://www.endk.ch).
- [8] **Huber, A., 2019: Logiciel EWS, Version 5.3.** Calcul des sondes géothermiques. Manuel  
d'utilisation (en anglais) et version d'essai à télécharger sur [www.hetag.ch](http://www.hetag.ch)
- [9] **Huber, H., 2020: Möglichkeiten und Grenzen der verschiedenen Lüftungssysteme  
(Possibilités et limites des différents systèmes de ventilation, en allemand).**  
Présentation Swissbau 2020. [www.swissbau.ch](http://www.swissbau.ch)
- [10] **Huber, H.; Liniger, M., 2018: Rapport concernant les types de ventilation standard.**  
Berechnungs- und Nachweisverfahren für Standardlüftungssysteme in Wohnbauten.  
(Procédure de calcul et de justification pour des systèmes de ventilation standard dans  
des bâtiments d'habitation, en allemand). SuisseEnergie, Office fédéral de l'énergie  
OFEN, Berne.
- [11] **Cahier technique SIA 2024:2015, Données d'utilisation des locaux pour l'énergie et  
les installations du bâtiment.** Société suisse des ingénieurs et des architectes.  
[www.sia.ch](http://www.sia.ch)
- [12] **Norme SIA 380/1:2016 Besoins de chaleur pour le chauffage.** Société suisse des  
ingénieurs et des architectes. [www.sia.ch](http://www.sia.ch)
- [13] **Vela Solaris, 2019: Polysun Software.** Manuel d'utilisateur. [www.velasolaris.com](http://www.velasolaris.com)