

MINERGIE-ECO®

Saint-Gobain ISOVER SA

Partenaire principal de Minergie-Eco®

Protection thermique d'été.

Facteurs d'influence et méthodologie de planification.

2^{ème} édition actualisée



ISOVER
SAINT-GOBAIN

La protection thermique d'été prend de l'importance.

Nous sommes de plus en plus conscients que notre train de vie est en partie responsable du réchauffement climatique. Les périodes de canicule en découlant agissent directement sur notre confort. La présente brochure traite en profondeur le sujet de la protection thermique d'été sur la base de l'étude de l'EMPA «Protection thermique estivale des combles - Analyse des facteurs d'influence sur le climat intérieur». Elle se veut un guide pratique pour les planificateurs.

Contexte climatique

Les mesures météorologiques en Suisse sont sans appel : les températures moyennes estivales sont clairement à la hausse depuis 1980. Des valeurs records ont été atteintes en 2003 (+4.8 °C), 2006, 2015 et 2018. Le rapport de l'OcCC* «Les changements climatiques et la Suisse en 2050» définit ces vagues de chaleur qui devraient continuer à augmenter comme étant «l'influence météorologique la plus importante sur la santé humaine» et recommande une méthode de construction et une planification urbaine adaptées à ces changements.

*) OcCC: «Organe consultatif sur les changements climatiques» instauré par le DFI/DETEC)

Température annuelle en Suisse de 1864 à 2021 : écart à la moyenne 1961-1990

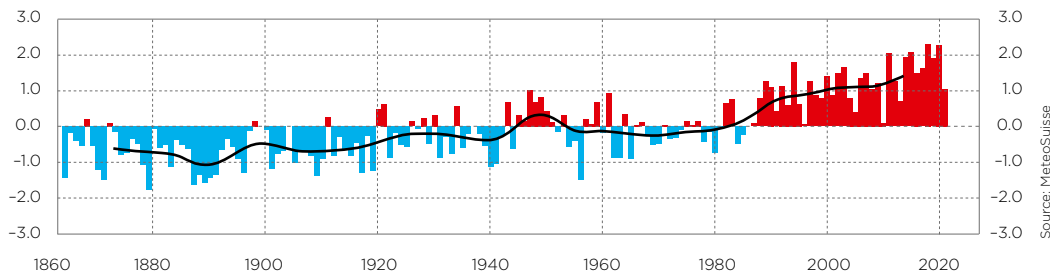


Fig. 1: ■ années au-dessus de la moyenne 1961-1990 ■ années au-dessous de la moyenne 1961-1990
— moyenne pondérée sur 20 ans

Influence des variations climatiques sur la fréquence des températures extrêmes

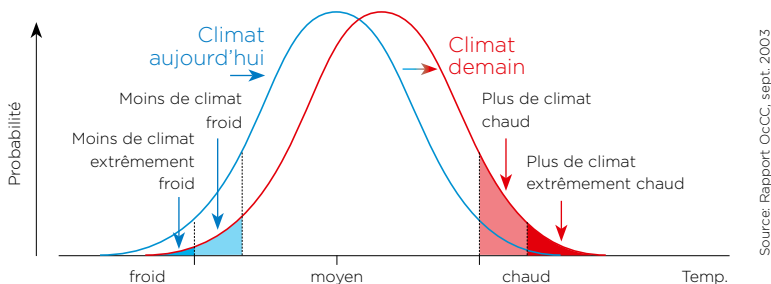


Fig. 2: Les températures extrêmement élevées seront beaucoup plus fréquentes - les températures extrêmement basses beaucoup plus rares

11 Confort thermique

Température optimale d'une pièce en été

Elle dépend des activités et de l'habillement de ses usagers, mais également de l'humidité et de la vitesse de l'air. La figure 3 provenant de la norme SIA 180 «Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments» montre les zones de températures satisfaisant «90% des usagers se trouvant dans la pièce». Une classification plus différenciée des exigences de confort est présentée dans la figure 4 extraite de la norme SN EN ISO 7730. Elle indique les plages de températures tolérées en été pour une activité métabolique de 1.2 met (travail de bureau en position assise) et un habillement de 0.5 clo (habillement léger).

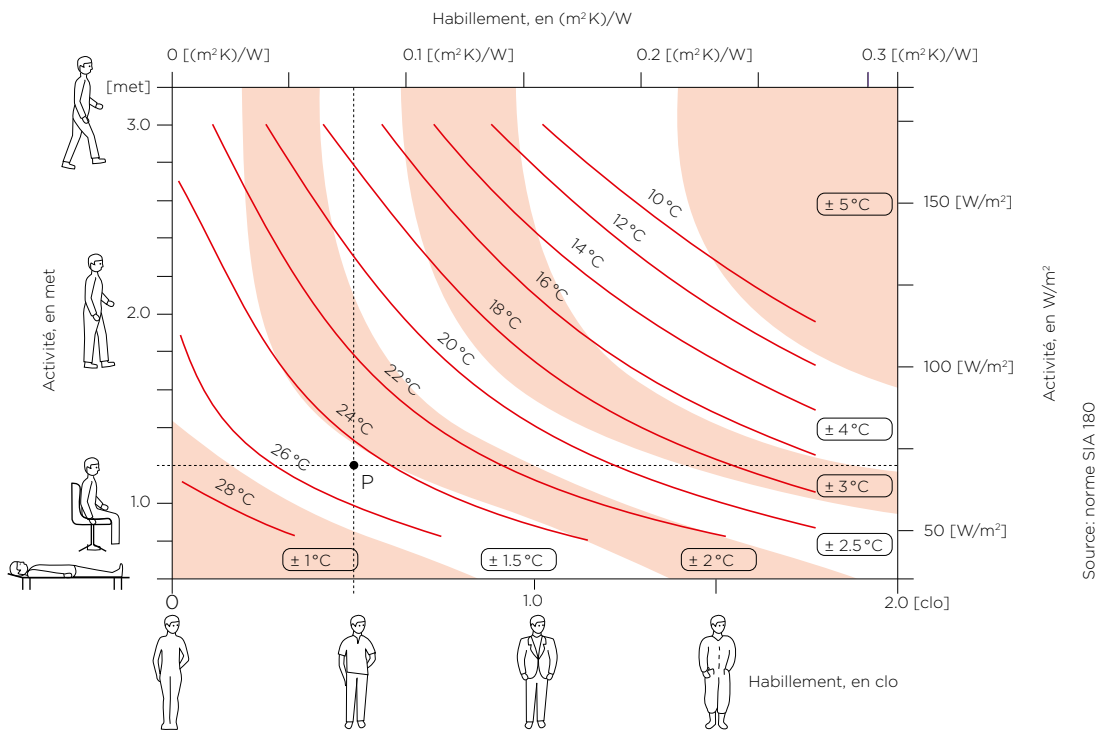


Fig. 3: Température ambiante optimale en fonction de l'activité et de l'habillement. Exemple de lecture (P): pour un travail de bureau en position assise (dégagement 70 [W/m²] ou 1.2 met) en tenue de travail intérieure d'été (résistance thermique 0.0775 [(m² K)/W] ou 0.5 clo), la température opérative optimale se situe à 24.5°C avec une tolérance de +/- 1.5°C.

Cat.	Description	Pourcentage attendu d'insatisfaits PPD: Predicted Percentage Dissatisfied	Zone de tolérance
A	Attentes élevées en matière de climat intérieur, conseillée pour les pièces occupées par des personnes à la santé fragile ou handicapées, des personnes âgées et malades ainsi que des jeunes enfants	<6%	23.5 - 25.5 °C
B	Attentes normales en matière de climat intérieur, conseillée pour les nouvelles constructions et les bâtiments rénovés	<10%	23.0 - 26.0 °C
C	Attentes modérées et acceptables en matière de climat intérieur: utilisée dans les bâtiments existants	<15%	22.0 - 27.0 °C

Fig. 4: Températures tolérées en été pour 1.2 met et 0.5 clo selon SN EN ISO 77301.

Confort et climat intérieur

Le climat intérieur estival des nouvelles constructions et des bâtiments rénovés peut être influencé – positivement ou négativement et de manière plus ou moins importante – par de nombreux facteurs, les deux principaux étant les suivants :

- **Le comportement des occupants du bâtiment :** Ils influencent de manière décisive le climat intérieur – p.ex. par l'utilisation de dispositifs de protection solaire et par leurs habitudes en matière d'aération. Cela vaut pour les pièces d'habitation, les bureaux, les bâtiments commerciaux et industriels.
- **Les spécificités architecturales du bâtiment :** orientation du bâtiment, surface et orientation des fenêtres, éventuels ombrages fixes tels que des balcons, dispositifs de protection solaire extérieurs mobiles etc.



De tous les facteurs d'influence, l'ombrage des éléments de construction transparents est celui qui influence le plus les températures intérieures en été.

2 | Étude de l'EMPA

Afin d'analyser en détails les facteurs influençant le climat intérieur en été, le Laboratoire «Technologies du bâtiment» de l'EMPA a réalisé en 2008, avec l'aide du programme de simulation dynamique des bâtiments HELIOS, l'étude paramétrique «Protection thermique d'été des combles - Analyse des facteurs d'influence sur le climat intérieur».

Comme mentionné précédemment, la température intérieure en été est influencée par l'utilisation de la pièce et les conditions architecturales. Selon l'étude de l'EMPA, les facteurs d'influence peuvent être classés comme suit pour des conditions définies et identiques de transmission de chaleur par transmission :

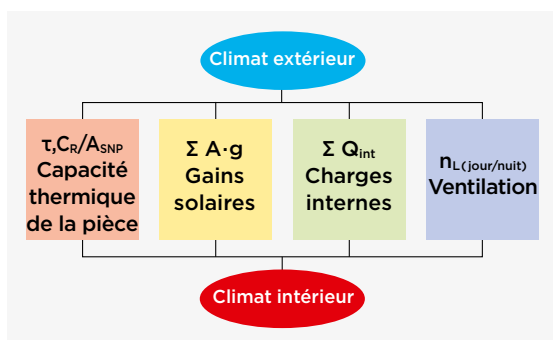


Fig. 5: Les quatre facteurs d'influence desquels résulte l'évolution de la température sous les combles.

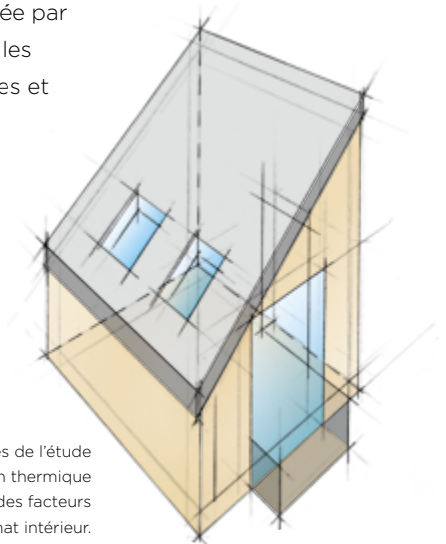


Fig. 6: Modèle de combles de l'étude EMPA N° 444383: Protection thermique d'été des combles - Analyse des facteurs d'influence sur le climat intérieur.

Contexte

Bâtiment étudié

Des combles typiques en construction bois ont été choisies comme objet de l'étude car elles sont exposées à un rayonnement solaire intensif et que la capacité thermique joue un rôle important dans la construction bois.

Température extérieure

La période d'analyse s'étend du 25 juillet au 5 août de l'année de référence DRY de la station climatique Zurich-Kloten, soit une période avec 3 jours de canicule consécutifs et des températures atteignant les 35°C (voir fig. 7 et étude EMPA, page 3).

Standard d'isolation des éléments de construction

Pour la paroi extérieure et la toiture, une isolation de 200 mm, resp. 200 + 60 mm, a été choisie. On obtient selon la performance de l'isolation, des valeurs U de 0.19 à 0.22 [W/m² K], resp. 0.15 à 0.18 [W/m² K]. Les valeurs obtenues avec 200 mm d'isolation se situent dans les valeurs actuelles des exigences énergétiques minimum pour les parois et les toits, la dimension de 200 + 60 mm

se situe dans la fourchette des valeurs cibles des réglementations selon SIA 380/1: 2009 (*Détail de construction, voir étude EMPA, page 21, appendice 1*).

Température intérieure

Le profil de température a été déterminé à l'aide du programme de simulation HELIOS - en faisant varier les paramètres suivants :

- Protections solaires
- Révêtements intérieurs
- Aération nocturne
- des cloisons et plafonds
- Grandeur et orientation
- Type d'isolant
- des fenêtres
- Revêtement du sol
- Charges thermiques internes

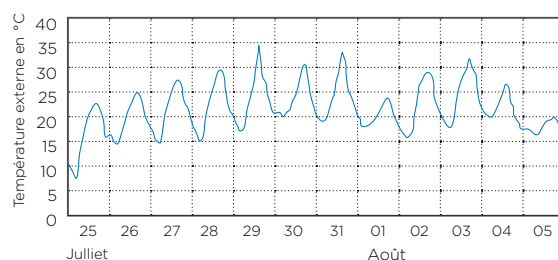


Fig. 7: Courbe de température externe DRY Zurich-Kloten juillet - août.

Résultats de l'étude

Comme on pouvait s'y attendre, le type de protection solaire et les mesures d'aération en vue de l'évacuation des charges thermiques exercent la plus grande influence sur la température intérieure.

Influence de la protection solaire

La figure 8 montre l'évolution de la température intérieure en fonction de différentes mesures de protection solaire (absence de protection solaire - stores bannes extérieures - stores à lamelles). Conditions: porte-fenêtre de balcon, plaque de plâtre fibrée en paroi et toiture, revêtement au sol moquette, aération nocturne avec triple renouvellement d'air, usage normal et isolation en laine de verre.

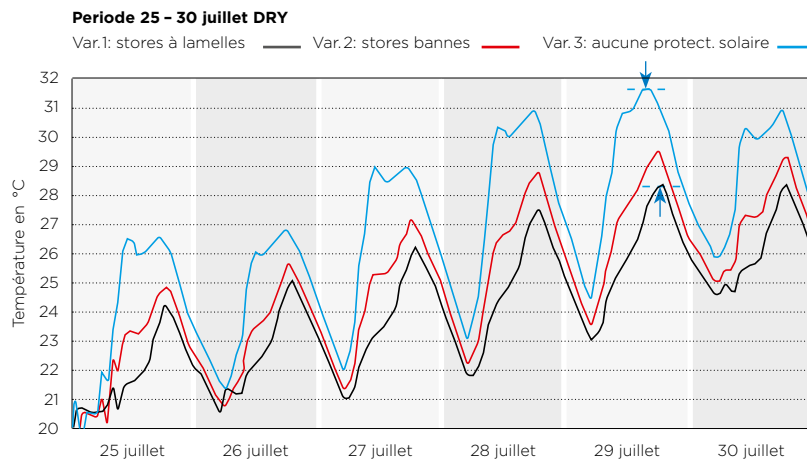


Fig. 8 : Même des fenêtres de taille modérée (20% de la surface du sol, exposées à l'est) entraînent des différences de température pouvant atteindre 3,5°C. Des fenêtres plus grandes et exposées au sud ou des fenêtres de toit engendrent des différences beaucoup plus marquées.

Influence de l'aération nocturne

La figure 9 montre le profil de la température intérieure en fonction de différents scénarios d'aération nocturne (aucun, simple et triple renouvellement d'air par heure).

Conditions: porte-fenêtre de balcon avec stores à lamelles, plaque de plâtre fibrée en paroi et toiture, revêtement au sol moquette, usage normal et isolation en laine de verre.

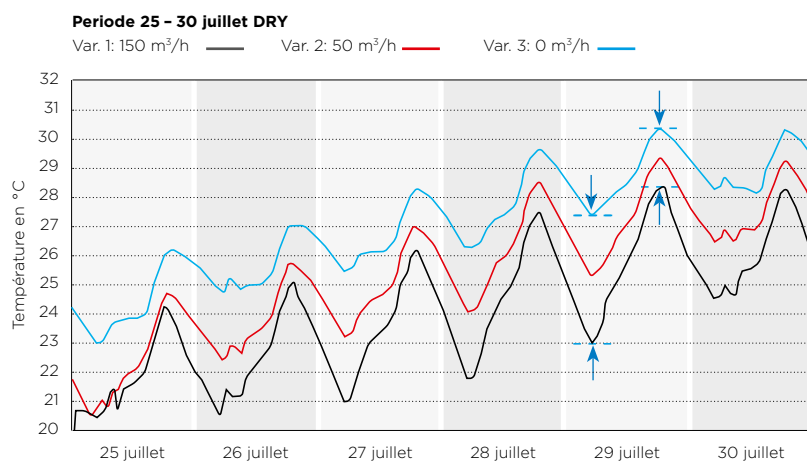


Fig. 9 : Comme le montrent les courbes de température noires et bleues (triple renouvellement d'air et pas de renouvellement d'air), les différences de température la nuit vont jusqu'à 4,5°C et le jour jusqu'à 2°C (voir flèches).

L'influence du type d'isolant est négligeable

Une différence de température intérieure de 1°C maximum due au type d'isolant n'est décelable qu'en présence des facteurs d'influence suivants: protection solaire (stores à lamelles) et aération nocturne optimales (triple renouvellement d'air par heure) ; minimisation des surfaces vitrées, de la capacité thermique de la pièce et des charges thermiques internes. Dès que l'un ou plusieurs des facteurs déterminants comme la dimension des fenêtres, la protection solaire, l'aération nocturne ou les charges internes sont moins optimaux ou que la capacité thermique de la pièce est plus élevée, l'importance du type d'isolation de l'isolation mise en œuvre devient encore plus insignifiante.

Période 25 - 30 juillet DRY

Laine de verre — Laine de pierre — Cellulose — Fibre de bois tendre — Fibre de bois —

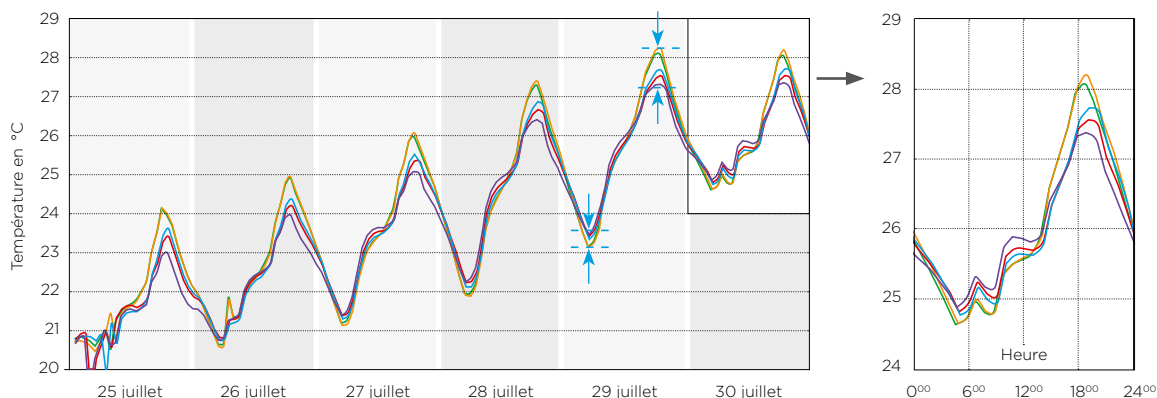


Fig. 10a: Comme le montrent les courbes de température extrêmement rapprochées, le choix du type d'isolant est insignifiant.

Fig. 10b: Un agrandissement montre les courbes de température sur une journée de 24 heures, le 30 juillet DRY.



La laine de verre - un isolant universel et néanmoins hautement efficace. Il est léger, maniable, incombustible et composé à plus de 80% de verre recyclé.

3 | Méthodologie de planification

La tendance actuelle est aux constructions modernes et énergétiquement efficaces composées de surfaces vitrées toujours plus grandes et d'une enveloppe dotée d'une isolation thermique performante. Ces constructions requièrent toutefois une minimisation des charges thermiques internes ainsi que des mesures d'aération ciblées afin que lesdites charges puissent être évacuées durant la nuit. Il est donc important d'établir préalablement des principes de planification puis de procéder à une évaluation des risques via une méthodologie de planification par étapes.

Principes de planification

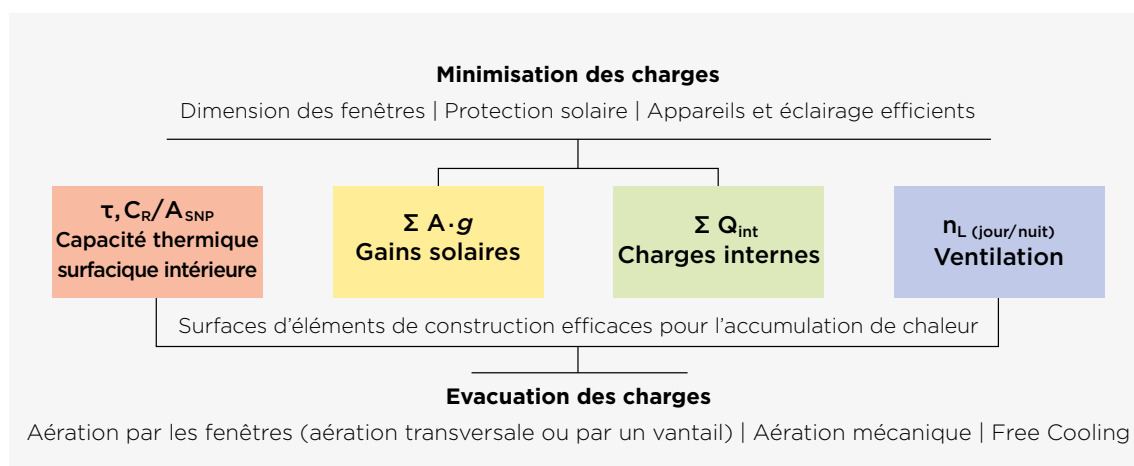


Fig. 11: Principes de planification (minimisation et évacuation des charges) ainsi que les quatre facteurs d'influence.

Méthodologie de planification

Etape 1: Estimer les charges solaires

Etape 2: Estimer les charges thermiques internes

Etape 3: Déterminer les charges thermiques totales

Etape 4: Déterminer la capacité thermique (de la pièce)

Etape 5: Définir la gestion de la ventilation

Etape 6: Evaluer les risques

Etape 1

Estimer les charges solaires (Q_s/A_{SNP})

- Les charges solaires Q_s doivent être mises en relation avec la surface nette de plancher A_{SNP} .
- La part et le type de vitrage, la protection solaire et la surface des fenêtres et des sols de la pièce doivent être définis.
- Les performances requises du coefficient de transmission énergétique global g des vitrages et la protection solaire sont présentées dans les

fig. 20/21 de l'annexe. La fig. 22 indique les valeurs g des différents vitrages assortis de diverses mesures de protection solaire.

- Pour les sommes journalières du rayonnement solaire I_s les valeurs suivantes sont utilisées:
 - Surfaces horizontales: 6000 [Wh/(m² d)]
 - Surfaces toiture inclinée E/S/O: 7000 [Wh/(m² d)]
 - Surfaces toiture inclinée N: 5000 [Wh/(m² d)]
 - Surfaces verticales E/S/O: 4000 [Wh/(m² d)]
 - Surfaces verticales N: 2000 [Wh/(m² d)]

Formules:

- $Q_s = \Sigma$ Surfaces des fenêtres x Somme journalière du rayonnement solaire I_s x Valeur g en [Wh/d]
- $Q_s/A_{SNP} =$ Charge solaire/Surface nette de plancher en [Wh/(m² d)]

- Pour le calcul des charges solaires Q_s les différentes surfaces de l'enveloppe du bâtiment sont considérées selon leur orientation et additionnées. La charge solaire totale est ensuite divisée par la surface nette de plancher.

Etape 2

Estimer les charges thermiques internes (Q_i/A_{SNP})

- Celles-ci dépendent de la densité d'occupation de la pièce, des appareils électriques et des éclairages et sont également en rapport avec la surface nette de plancher A_{SNP} .
- Les hypothèses pour les charges internes Q_i :
 - charge interne basse:
5 [W/m²] ou 90 [Wh/(m² d)]
(1 personne, petite TV/radio, éclairage modéré)
 - charge interne moyenne:
10 [W/m²] ou 180 [Wh/(m² d)]
(1 personne, grande TV/radio, bureau, ordinateur portable, éclairage conventionnel)
 - charge interne élevée:
15 [W/m²] ou 270 [Wh/(m² d)]
(2 personnes, grande TV/radio, bureau avec PC et écran, éclairage halogène)

Etape 3

Déterminer la charge thermique totale (C_{tot}/A_{SNP})

La somme des charges solaires et internes constitue la charge thermique totale:

$$Q_{tot}/A_{SNP} = (Q_s + Q_i)/A_{SNP} \text{ en [Wh/(m}^2 \text{ d)]}$$

Etape 4

Déterminer la capacité thermique (C_R/A_{SNP})

Celle-ci est calculée comme suit: Capacité thermique active de la surface intérieure des éléments de construction κ multipliée par la surface des éléments de construction. Ce résultat est divisé par la surface nette de plancher pour le calcul de la capacité thermique de la pièce C_R/A_{SNP} .

Formules:

- $C_R = \Sigma$ Capacité thermique x Surface en [Wh/K]
- $(C_R/A_{SNP}) =$ Capacité thermique_{tot}/Surface nette de plancher en [Wh/(m² K)]

Etape 5

Définir la gestion de la ventilation

L'aération nocturne la plus efficace est une aération transversale obtenue par des fenêtres ouvertes situées face à face. Les battants de fenêtres ouverts en imposte avec des stores fermés permettent un renouvellement d'air de 0.3 - 1.5/h (RA [1/h]). Avec des stores ouverts on atteint 0.8 - 4 RA [1/h] et avec un battant ouvert supplémentaire > 5 RA [1/h] (voir fig.23).

Etape 6

Evaluer les risques

La figure 12 ci-dessous montre, grâce à trois charges thermiques totales journalières différentes - en combinaison avec trois scénarios d'aération différents et deux niveaux de capacité thermique de la pièce - les températures intérieures maximales qui en résultent.

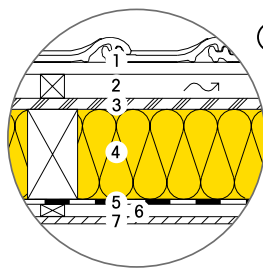
Gestion de la ventilation	Capacité thermique (pièce) C_R/A_{SNP} [Wh/(m ² K)]	Somme journalière des charges _{tot} $Q_{tot}/A_{SNP} = (Q_s + Q_i)/A_{SNP}$ [Wh/(m ² d)]		
		150	250	350
		$\theta_{i,max}$		
Aucune aération nocturne	30	-30 °C	-32 °C	-35 °C
	50	-29 °C	-31 °C	-33 °C
Aération nocturne $n_{L,N} \sim 1$ [1/h]	30	-29 °C	-31 °C	-33 °C
	50	-28 °C	-29 °C	-31 °C
Aération nocturne $n_{L,N} \sim 3$ [1/h]	30	-28 °C	-30 °C	-31 °C
	50	-27 °C	-28 °C	-29 °C

■ inacceptable ■ problématique ■ limite
■ acceptable ■ bon

Fig.12: Evaluation des risques pour les trois différents scénarios de ventilation nocturne, capacités thermiques de 30 ou 50 [Wh/(m² K)] sur la base des données météorologiques DRY Zurich-Kloten avec 3 jours de grande chaleur et des températures extérieures maximales de 35 °C (voir fig. 15 à la page 12).

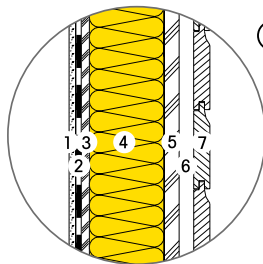
4 | Exemple de calcul

On planifie d'aménager un espace sous les toits, d'une surface au sol de 25 m² avec une toiture inclinée exposée au sud. Les parois ouest et sud sont en contact avec l'extérieur, celles du nord et de l'est sont des parois intérieures. La toiture inclinée est munie de 2 fenêtres de toit d'une surface totale de 2 m², la façade ouest comporte une fenêtre de 1.2 m². La porte intérieure mesure 1.8 m².



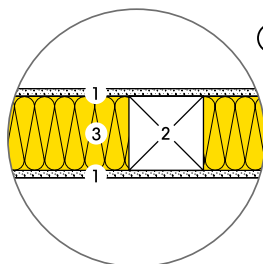
(A) Toit: 28 m²

- 1 Tuiles/lattes à tuiles
- 2 Contre-lattage/couche ventilée
- 3 Sous-toiture plaque de fibres tendre 24mm
- 4 Isolation ISOCONFORT 032 PR
- 5 Pare-vapeur/couche d'étanchéité à l'air
- 6 Lambourdage/vide pour conduites
- 7 Lambris 13mm



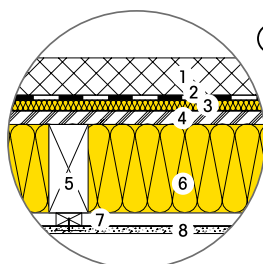
(B) Paroi extérieure: 7.5 + 13.8 m²

- 1 Panneau de plâtre 12.5mm
- 2 Pare-vapeur VARIO KM DUPLEX
- 3 Panneau OSB 15mm
- 4 Isolation ISOCONFORT 032 PR
- 5 Panneau en fibres de bois tendre 30mm
- 6 Vide de ventilation
- 7 Lambrissage 20mm



(C) Paroi intérieure: 18.2 + 13.8 m²

- 1 Panneau de plâtre 12.5mm
- 2 Bois d'ossature
- 3 Isolation ISOFIX 034



(D) Plancher/dalle entre étages: 25 m²

- 1 Chape en ciment
- 2 Couche de séparation
- 3 Isolation PS 81
- 4 Panneau dérivé bois 25mm
- 5 Solive 80 x 180mm
- 6 Isolation UNIROLL 034
- 7 Lambourdage/vide pour conduites
- 8 Panneau de plâtre 12.5mm

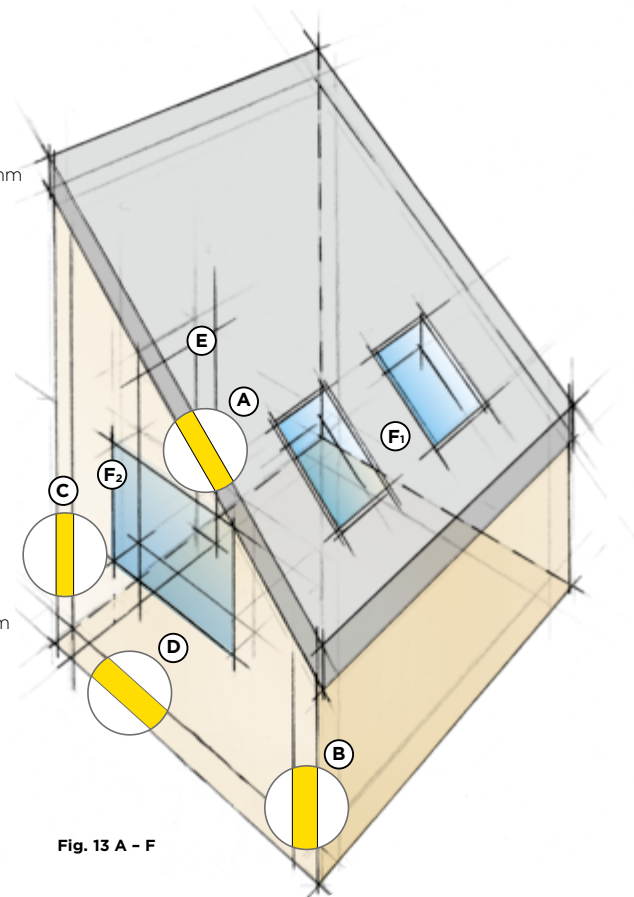


Fig. 13 A - F

(E) Porte: 1.8 m²

E Porte de communication vers l'intérieur

(F) Fenêtre: F1: 2 m² + F2: 1.2 m²

F1 Fenêtre de toit

F2 Fenêtre côté ouest

Éléments de construction et données techniques

A Toit					
ISOCONFORT 032 PR $\lambda_D = 0.032$ W/(mK)	d [mm]	200			
Protection thermique en hiver et en été					
Coefficient de transmission thermique:					
- ponts thermiques inclus	U [W/(m ² K)]	0.19			
- sans ponts thermiques	U ₀ [W/(m ² K)]	0.14			
Protection thermique en été					
Coeff. de transmission thermique dynamique	U ₂₄ [W/(m ² K)]	0.10			
Capacité thermique	ki [W/(m ² K)]	5			
B Paroi extérieure					
ISOCONFORT 032 PR $\lambda_D = 0.032$ W/(mK)	d [mm]	160			
Protection thermique en hiver et en été					
Coefficient de transmission thermique:					
- ponts thermiques inclus	U [W/(m ² K)]	0.20			
- sans ponts thermiques	U ₀ [W/(m ² K)]	0.16			
Protection thermique en été					
Capacité thermique	ki [W/(m ² K)]	7			
C Paroi intérieure					
ISOFIX 034 $\lambda_D = 0.034$ W/(mK)	d [mm]	60			
Protection thermique en été					
Capacité thermique	ki [W/(m ² K)]	5			
D Plancher/dalle entre étages					
PS 81 $\lambda_D = 0.032$ W/(mK)	d [mm]	20			
UNIROLL 034 $\lambda_D = 0.035$ W/(mK)	d [mm]	180			
Protection thermique en été					
Capacité thermique	k _i en haut [Wh/(m ² K)]	15			
Capacité thermique	k _i en bas [Wh/(m ² K)]	3			
E Porte					
Porte 1.8m ²	Capacité thermique k _i : 4 [Wh/(m ² K)]				
F Vitrages et protection solaire					
	Protect. solaire	Couleur	$\tau_{e,B}$	τ_v	g
F ₁ Fenêtre de toit 2m ² Vitrage double antisolaire	dehors	pastelle	0.1	0.08	0.09
F ₂ Fenêtre côté ouest 1.2m ² Vitrage double normal	dehors	pastelle	0.1	0.09	0.13

Fig. 14 A - F:

Des valeurs physiques complémentaires se trouvent dans les fiches techniques des éléments de construction d'Isover: www.isover.ch



Les combles sont aujourd'hui particulièrement appréciés en tant que pièce à vivre et offrent également un climat d'habitation très agréable, dès lors que la protection thermique d'été est suffisamment prise en considération.

Calcul et évaluation des risques

Sur la base de la méthodologie de planification décrite en pages 8 et 9, les calculs suivants peuvent être effectués :

Etape 1 Estimer les charges solaires (Q_s/A_{SNP})

- Fenêtre de toit

$$\text{Surface} \times \text{Rayonnement solaire} \times \text{Valeur } g/\text{Surface au sol} = 2 \text{ [m}^2\text{]} \times 7000 \text{ [Wh/(m}^2 \text{ d)]} \times 0.09/25 \text{ [m}^2\text{]} = 50 \text{ [Wh/(m}^2 \text{ d)]}$$

- Fenêtre côté ouest

$$\text{Surface} \times \text{Rayonnement solaire} \times \text{Valeur } g/\text{Surface au sol} = 1.2 \text{ [m}^2\text{]} \times 4000 \text{ [Wh/(m}^2 \text{ d)]} \times 0.13/25 \text{ [m}^2\text{]} = 25 \text{ [Wh/(m}^2 \text{ d)]}$$

Etape 2 Estimer les charges thermiques internes (Q_i/A_{SNP})

Charge interne moyenne dans un logement = 180 [Wh/(m² d)]

Etape 3 Déterminer la charge thermique totale (Q_{tot}/A_{SNP})

$$50 \text{ [Wh/(m}^2 \text{ d)]} + 25 \text{ [Wh/(m}^2 \text{ d)]} + 180 \text{ [Wh/(m}^2 \text{ d)]} = 255 \text{ [Wh/(m}^2 \text{ d)]}$$

Etape 4 Déterminer la capacité thermique (Q_R/A_{SNP})

- Toiture inclinée Surface x Capacité thermique¹⁾ = 26 [m²] x 5 [Wh/(m² K)] = 130 [Wh/K]
- Parois extérieures Surface x Capacité thermique = 20.1 [m²] x 7 [Wh/(m² K)] = 141 [Wh/K]
- Parois intérieures Surface x Capacité thermique = 30.2 [m²] x 5 [Wh/(m² K)] = 151 [Wh/K]
- Construction de plafond Surface x Capacité thermique = 25 [m²] x 15 [Wh/(m² K)] = 375 [Wh/K]
- Porte Surface x Capacité thermique = 1.8 [m²] x 4 [Wh/(m² K)] = 7.2 [Wh/K]
- Capacité thermique de la pièce

$$\text{A) } Q_{R \text{ tot}} = 804 \text{ [Wh/K]} \quad \text{B) } C_R/A_{SNP} = 804 \text{ [Wh/K]}/25 \text{ [m}^2\text{]} = 32 \text{ [Wh/(m}^2 \text{ K)]}$$

¹⁾ Données sur la capacité thermique: Fiches de données des éléments de construction Isover

Etape 5 Définir la gestion de la ventilation

Un taux de renouvellement de l'air de 3 [1/h] est possible grâce à une aération par les fenêtres.

Etape 6 Evaluer les risques

La fig. 15 permet une évaluation des risques selon les pics de température interne attendus en se basant sur les données météorologiques effectives de Zurich-Kloten, avec 3 jours de canicule et une température extérieure de maximum 35°C.

Capacité thermique (pièce) C_R/A_{SNP} [Wh/(m ² K)]	Gestion de la ventilation	Somme journalière des charges $Q_{tot}/A_{SNP}=(Q_s+Q_i)/A_{SNP}$ [Wh/(m ² d)]		
		150	250	350
30	Aucune aération nocturne	-30 °C $\theta_{i,max}$	-32 °C $\theta_{i,max}$	-35 °C $\theta_{i,max}$
	aération nocturne $n_{L,N} \sim 1$ [1/h]	-29 °C $\theta_{i,max}$	-31 °C $\theta_{i,max}$	-33 °C $\theta_{i,max}$
	aération nocturne $n_{L,N} \sim 3$ [1/h]	-28 °C $\theta_{i,max}$	-30 °C $\theta_{i,max}$	-31 °C $\theta_{i,max}$

■ inacceptable
 ■ problématique
 ■ limite
 ■ acceptable
 ■ bon

Fig. 15: Evaluation des risques.

Dans l'hypothèse d'une capacité thermique interne de 30 [Wh/(m² K)], charge totale 250 [Wh/(m² d)] et aération nocturne 3 [1/h] il en résulte un climat interne acceptable.

5 | Conclusions de l'étude de l'EMPA

Les calculs relatifs à la protection thermique d'été des combles avec une surface vitrée modérée ont montré que l'importance qui doit être accordée à chaque facteur d'influence est très variable. Au vu du standard d'isolation thermique d'une enveloppe d'un bâtiment actuel et de sa construction étanche à l'air, des mesures préventives doivent être prises **afin de maintenir les charges thermiques internes aussi basses que possible et de les évacuer de façon ciblée par une aération nocturne.**

Facteurs d'influence sur la température interne maximale

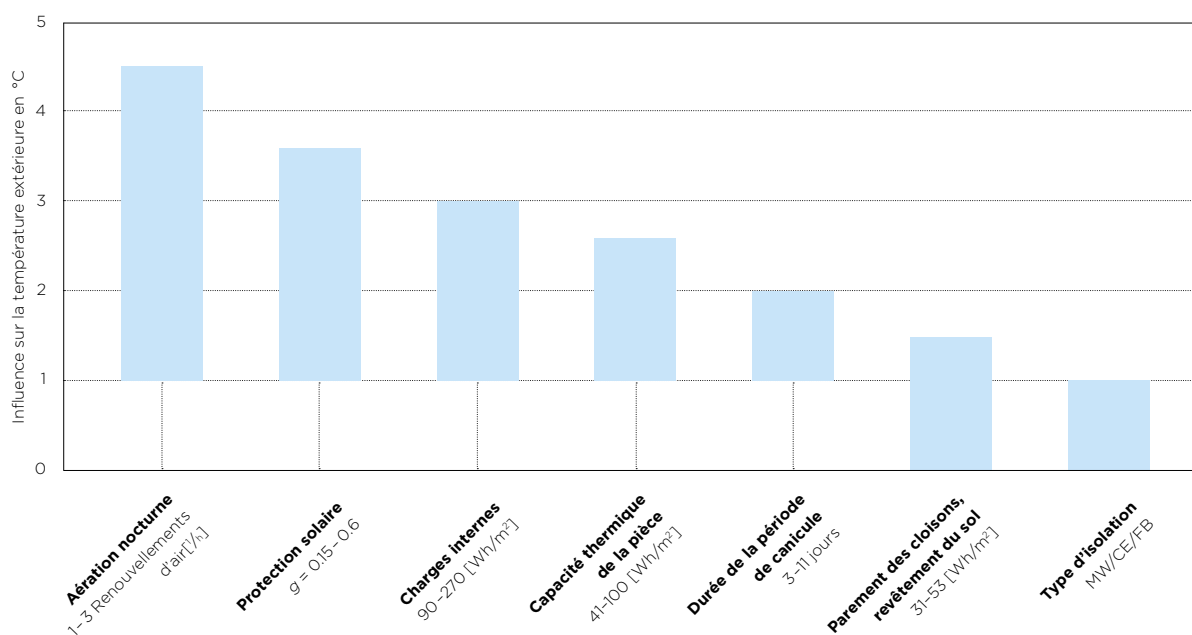


Fig. 16: Facteurs d'influence et leurs effets sur la température interne maximale.

Le type de matériau isolant choisi entraîne une variation de 0 à max. 1°C, ce qui est négligeable.

6 | Considération étendue du potentiel d'influence

Une évaluation réalisée avec quinze simulations supplémentaires, résumées à la figure 18, montre l'effet des variations de la surface des fenêtres et des standards d'isolation sur les autres facteurs d'influence, ainsi que leur interdépendance.

La géométrie des combles de l'étude de l'EMPA a de nouveau servi de point de départ. Les hypothèses retenues pour les facteurs d'influence sont celles considérées comme habituelles ou «moyennes» dans le domaine de la construction (fig. 17, colonne «moyenne»). Afin de représenter l'influence des différents facteurs en

relation avec tous les autres, les paramètres «plus favorable» et «moins favorable» ont été retenus (fig. 17). Pour tous les autres facteurs, à chaque fois la valeur initiale a été conservée. Les températures intérieures max. de la pièce ainsi calculées constituent la base de l'appréciation du potentiel d'influence.

Facteurs d'influence et hypothèses

Facteurs d'influence	Unité de mesure	Hypothèse		
		plus favorable	moyenne	moins favorable
Dim. des fenêtres (% de la surface nette de plancher SNP)	[%]	10	20	30
Protection solaire (Coeff. de transmission énergét. global g)	[]	0.12	0.30	0.60
Charges thermiques internes	[W/m ²]	5	10	15
Renouvellement d'air nocturne (RA) n _{L,N} [1/h]	[1/h]	3	1.5	aucune RA
Standard d'isolation des éléments de construction (Coefficient de transmission thermique U)	[W/(m ² K)]	0.10	0.20	0.30
Capacité thermique de la pièce	[Wh/(m ² K)]	65	52	31
Type d'isolation	[]	Fibre de bois	Chanvre	Laine minérale

Fig. 17: Facteurs d'influence et hypothèses: ceux-ci sont décrits plus en détails en annexe, fig. 24.

Hypothèses pour les 15 simulations et les pics de température interne calculés dans la période de canicule

Facteur d'influence	Hypothèse	Dimension des fenêtres	Protection solaire	Charges internes	Renouv. d'air nocturne: RA [1/h]	Standard d'isolation	Capacité thermique de la pièce	Type d'isolation	Pics de temp. °C
	moyenne	20% de SNP	g = 0.30	10 [W(m ² K)]	1.5 [1/h]	0.20 [W(m ² K)]	52 [Wh(m ² K)]	Chanvre	31.3
Dimension des fenêtres	plus favorable	10% de SNP	g = 0.30	10 [W(m ² K)]	1.5 [1/h]	0.20 [W(m ² K)]	52 [Wh(m ² K)]	Chanvre	30.0
	moins favorable	30% de SNP	g = 0.30	10 [W(m ² K)]	1.5 [1/h]	0.20 [W(m ² K)]	52 [Wh(m ² K)]	Chanvre	32.5
Protection solaire	plus favorable	20% de SNP	g = 0.12	10 [W(m ² K)]	1.5 [1/h]	0.20 [W(m ² K)]	52 [Wh(m ² K)]	Chanvre	29.5
	moins favorable	20% de SNP	g = 0.60	10 [W(m ² K)]	1.5 [1/h]	0.20 [W(m ² K)]	52 [Wh(m ² K)]	Chanvre	35.0
Charges internes	plus favorable	20% de SNP	g = 0.30	5 [W(m ² K)]	1.5 [1/h]	0.20 [W(m ² K)]	52 [Wh(m ² K)]	Chanvre	30.0
	moins favorable	20% de SNP	g = 0.30	15 [W(m ² K)]	1.5 [1/h]	0.20 [W(m ² K)]	52 [Wh(m ² K)]	Chanvre	32.8
Renouv. d'air nocturne: RA [1/h]	plus favorable	20% de SNP	g = 0.30	10 [W(m ² K)]	3 [1/h]	0.20 [W(m ² K)]	52 [Wh(m ² K)]	Chanvre	30.3
	moins favorable	20% de SNP	g = 0.30	10 [W(m ² K)]	aucune RA	0.20 [W(m ² K)]	52 [Wh(m ² K)]	Chanvre	33.7
Standard d'isolation	plus favorable	20% de SNP	g = 0.30	10 [W(m ² K)]	1.5 [1/h]	0.10 [W(m ² K)]	52 [Wh(m ² K)]	Chanvre	31.0
	moins favorable	20% de SNP	g = 0.30	10 [W(m ² K)]	1.5 [1/h]	0.30 [W(m ² K)]	52 [Wh(m ² K)]	Chanvre	32.0
Capacité thermique de la pièce	plus favorable	20% de SNP	g = 0.30	10 [W(m ² K)]	1.5 [1/h]	0.20 [W(m ² K)]	65 [Wh(m ² K)]	Chanvre	28.6
	moins favorable	20% de SNP	g = 0.30	10 [W(m ² K)]	1.5 [1/h]	0.20 [W(m ² K)]	31 [Wh(m ² K)]	Chanvre	32.3
Type d'isolation	plus favorable	20% de SNP	g = 0.30	10 [W(m ² K)]	1.5 [1/h]	0.19 - 0.21 [W(m ² K)]	52 [Wh(m ² K)]	Fibre de bois	31.2
	moins favorable	20% de SNP	g = 0.30	10 [W(m ² K)]	1.5 [1/h]	0.19 - 0.21 [W(m ² K)]	52 [Wh(m ² K)]	Laine minérale	31.4

Fig. 18: Comme le montre la vue d'ensemble, la température maximale s'élève à 31.3°C pour les hypothèses moyennes. Les autres températures maximales illustrent les effets des variations des différents facteurs d'influence dans des conditions identiques.

Potentiel d'influence des différents facteurs

Ce potentiel résulte des pics de température calculés dans les 15 simulations durant la période de canicule. Ces pics se situent dans une fourchette élevée car le climat extérieur a été établi sur la base d'une période de canicule avec des températures maximales de 35°C. Cette situation extrême met en évidence la pertinence des facteurs d'influence et permet ainsi une évaluation précise.

Potentils d'influence des différents facteurs lors des pics de températures

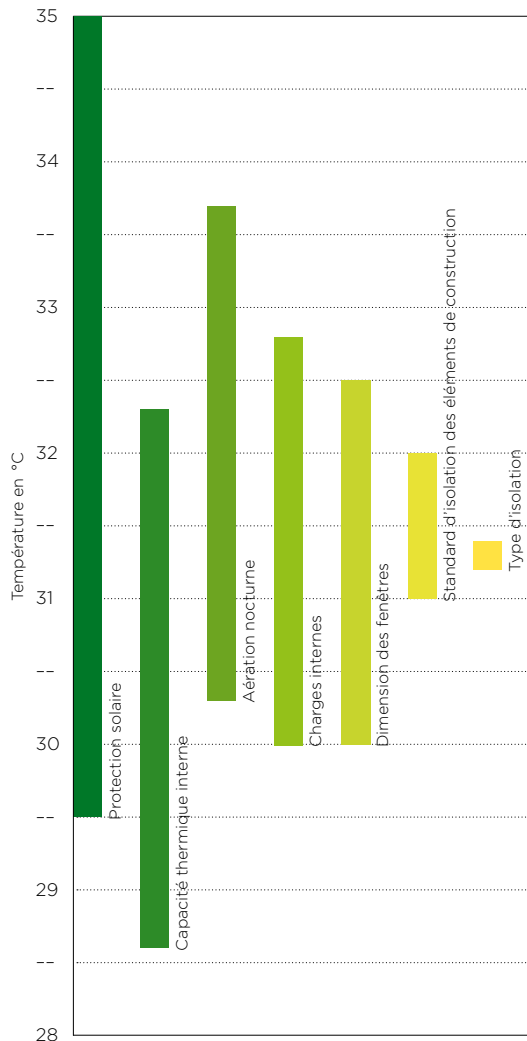


Fig. 19a: Les différents facteurs et leurs potentiels d'influence.

Facteurs d'influence	Domaine d'influence
Dim. des fenêtres	10 - 30% de la SNP (surface nette de plancher)
Protection solaire	Coeff. de transmission énergétique global $g = 0.12 - 0.60$
Charges internes	5 - 15 [W/m ²]
Aération nocturne	Renouvellement d'air/h: 0 - 3 RA [1/h]
Standard d'isolation des éléments de construction	Valeur U 0.30 - 0.10 [W/(m ² K)]
Capacité thermique de la pièce	65 - 31 [Wh/(m ² K)]
Type d'isolation	Fibres de bois - chanvre - laine minérale

Fig. 19b: Les différents facteurs et leurs domaines d'influence.

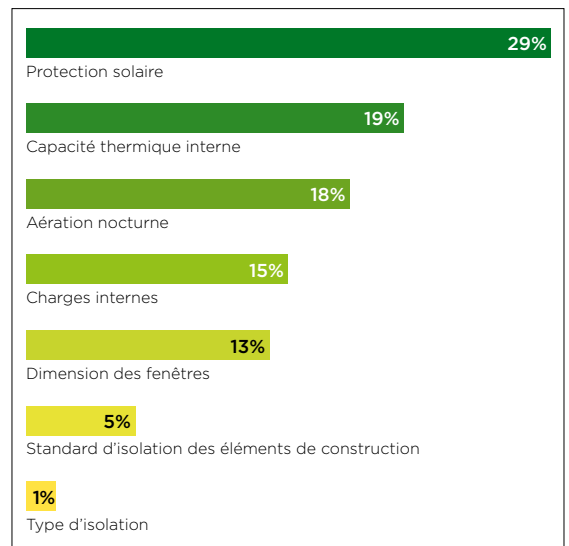


Fig. 19c: Part en pourcentage de chaque facteur sur le potentiel d'influence.

Les diagrammes ci-dessus confirment l'importance de la protection solaire, de la capacité thermique de la pièce, de l'aération nocturne, des charges thermiques internes et de la dimension des fenêtres dans le contexte d'une isolation thermique d'été. On peut de ce fait distinguer rapidement les domaines sur lesquels il vaut la peine d'agir. L'influence du type d'isolation est quant à elle négligeable (voir également les figures 10a et b de la page 7).

Performances requises pour la valeur g des fenêtres

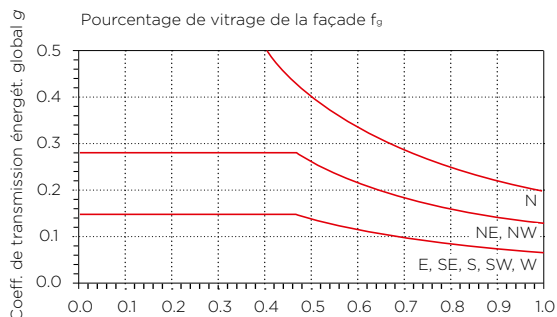


Fig. 20: Performances requises selon SIA 180 pour la valeur g des fenêtres de façade (vitrage et protection solaire) en relation avec le pourcentage de vitrage et l'orientation.

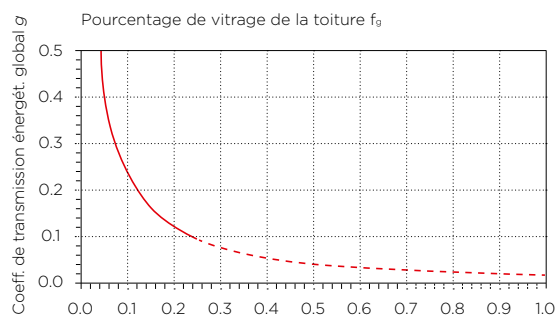


Fig. 21: Performances requises selon SIA 180 pour la valeur g des ouvertures zénithales (vitrage et protection solaire) en relation avec le pourcentage de vitrage.

Source fig. 20/21: SIA 180

Caractéristiques solaires de vitrages typiques avec protection solaire

Vitrage	Protection solaire	Couleur	Coefficient de transmission solaire de la protection solaire $\tau_{e,B}$	Coefficient de transmission lumineuse τ_v	Coefficient de transmission énergétique global g
Double vitrage normal	extérieure	pastelle	0.1	0.09	0.13
Double vitrage normal	intérieure	claire	0.1	0.09	0.37
Double vitrage de contrôle solaire	extérieure	pastelle	0.1	0.08	0.09
Double vitrage de contrôle solaire	intérieure	claire	0.2	0.16	0.40
Triple vitrage normal	extérieure	pastelle	0.1	0.08	0.11
Triple vitrage normal	intérieure	claire	0.1	0.09	0.37
Triple vitrage de contrôle solaire	extérieure	pastelle	0.1	0.07	0.07
Triple vitrage de contrôle solaire	intérieure	pastelle	0.2	0.15	0.40
Triple vitrage de contrôle solaire	intérieure	claire	0.2	0.15	0.36

Source: SIA Wegleitung 4000 zur Anwendung der Norm SIA 180

Fig. 22: Le vitrage et la protection solaire ont une influence considérable sur les charges thermiques solaires.

Taux de renouvellement d'air en fonction du type d'aération par les fenêtres

Fenêtre ouverte en imposte, stores fermés

0.3 - 1.5 renouvellements d'air/heure



Fenêtre grande ouverte

9 - 15 renouvellements d'air/heure



Fenêtre ouverte en imposte, sans store

0.8 - 4 renouvellements d'air/heure



Deux fenêtres grandes ouvertes face à face

env. 40 renouvellements d'air/heure



Fenêtre à moitié ouverte

5 - 10 renouvellements d'air/heure



Fig. 23: Variantes d'aération par les fenêtres et leur efficacité, calculée en nombre de renouvellements d'air par heure.

Description des hypothèses retenues pour l'analyse élargie (à partir de la page 14)

Hypothèse	Description
Dimension des fenêtres	
Surface fenêtres: 10% de la SNP	Fenêtre de toit 2 m ²
Surface fenêtres: 20% de la SNP	Fenêtre de toit 2 m ² + porte-fenêtre de balcon de 2 m ² dans la paroi extérieure Est
Surface fenêtres: 30% de la SNP	Fenêtre de toit 2 m ² + porte-fenêtre de balcon de 4 m ² dans la paroi extérieure Est
Protection solaire	
g = 0.12	Double vitrage de contrôle solaire + stores à lamelles extérieurs
g = 0.30	Double vitrage de contrôle solaire + stores bannes extérieurs
g = 0.60	Double vitrage de contrôle solaire sans protection solaire
Charges thermiques internes	
q _i = 5 [W/m ²]	Usage normal (1 personne, petite TV/radio, éclairage modéré)
q _i = 10 [W/m ²]	Usage moyen (1 personne, grande TV/radio, bureau, ordinateur portable, éclairage conventionnel)
q _i = 15 [W/m ²]	Usage intensif (2 personnes, grande TV/radio, bureau avec PC et écran, éclairage halogène)
Aération nocturne	
3 renouvellements d'air /h	n _{L,N} = 3 [1/h]
1.5 renouvellements d'air /h	n _{L,N} = 1.5 [1/h]
Absence de renouvellement d'air	n _{L,N} = 0 [1/h]
Standard d'isolation des éléments de construction	
Coeff.de transmission thermique U = 0.30 [W/(m ² K)]	Performances minimales requises des éléments de construction selon SIA 380/1: 2001 «L'énergie thermique dans le bâtiment»
Coeff.de transmission thermique U = 0.20 [W/(m ² K)]	Performances minimales requises des éléments de construction selon SIA 380/1: 2009 «L'énergie thermique dans le bâtiment»
Coeff.de transmission thermique U = 0.10 [W/(m ² K)]	Performances requises dans le domaine du standard MINERGIE-P ou Maison passive
Capacité thermique de la pièce	
C _R /A _{SNP} = 65 [Wh/(m ² K)]	Maçonnerie parois extérieures et intérieures, isolation périphérique; plafond et toiture inclinée construction à ossature bois, toiture inclinée 2 x 12.5 mm plâtre fibrée, sol en céramique
C _R /A _{SNP} = 52 [Wh/(m ² K)]	Parois extérieures et intérieures, plafond et toiture inclinée construction à ossature bois; revêtements intérieurs 2 x 12.5 mm plâtre fibrée, sol en céramique
C _R /A _{SNP} = 31 [Wh/(m ² K)]	Parois extérieures et intérieures, plafond et toiture inclinée construction à ossature bois; revêtements parois intérieurs 1 x 12.5 mm plâtre fibrée, toiture inclinée: lambris, sol moquette
Type de matériau isolant dans les constructions à ossature bois	
Fibres de bois	Conductivité thermique λ _D = 0.043 [W/(m K)]; Capacité thermique c = 1400 [J/(kg K)]; Masse volumique apparente ρ _a = 150 [kg/m ³]
Chanvre	Conductivité thermique λ _D = 0.040 [W/(m K)]; Capacité thermique c = 1400 [J/(kg K)]; Masse volumique apparente ρ _a = 40 [kg/m ³]
Laine minérale	Conductivité thermique λ _D = 0.035 [W/(m K)]; Capacité thermique c = 1030 [J/(kg K)]; Masse volumique apparente ρ _a = 20 [kg/m ³]

Fig. 24

Construire avec responsabilité. Vivre dans le bien-être.

Des mesures préventives lors de la planification de la construction et un comportement des utilisateurs adapté à la situation procurent un climat intérieur agréable en hiver et une fraîcheur plaisante dans les pièces en été.

La Maison MINERGIE-P®

Malgré une part de vitrage relativement élevée, mais grâce à un dispositif de protection solaire efficace, cette élégante maison de Berthoud prouve qu'une planification réussie en matière de thermique d'été permet de jouir d'un climat intérieur agréable en été.

Réalisation: Schneider & Partner Architektur AG, Berthoud; Toiture et construction intérieur: Baumberger Bau AG, Koppigen; Façade: Ramseier AG, Berne; Isolation: St-Gobain ISOVER SA.



Conclusions

La protection thermique d'été est un thème complexe. L'étude de l'EMPA met en évidence des résultats intéressants pour la protection thermique d'été. Les principes de planification qui en découlent permettent une évaluation rapide et simple des risques de surchauffe. Voici les principales conclusions:

Climat

En raison du réchauffement climatique et de l'augmentation des périodes de canicule, la protection thermique d'été prendra de plus en plus d'importance à l'avenir.

Confort thermique

Le confort thermique dépend principalement de la température de la pièce, de la température des surfaces environnantes, du mouvement de l'air, de l'activité, de l'habillement et de l'état physiologique de l'utilisateur.

Planification

Les bâtiments modernes avec leurs grandes surfaces vitrées et leur excellente enveloppe d'isolation requièrent une minimisation des charges thermiques mais également une évacuation de celles-ci, grâce à une aération régulière. Ceci n'est possible qu'en respectant le processus systématique suivant lors de la phase de planification d'un bâtiment: « 1. Estimer les charges thermiques, 2. Déterminer la capacité thermique, 3. Définir les gestions de la ventilation, 4. Évaluer les risques ».

L'utilisateur

Outre les conditions architecturales, le comportement de l'habitant joue également un rôle décisif. En effet, il sera responsable de la bonne utilisation des protections solaires, mais également de l'aération nocturne et finalement il aura également une part non-négligeable de responsabilité dans le choix et l'utilisation des appareils techniques, de l'aménagement et des revêtements de sols par exemple.

Protection solaire et de l'aération

Grâce au programme de simulation dynamique des bâtiments HELIOS, les facteurs d'influence importants ont tous pu être modélisés. Il apparaît de ces simulations, qu'en présence d'une proportion de surface vitrée modérée, les facteurs de ventilation nocturne et de protection solaire influencent le plus fortement les températures intérieures. Le credo de la protection thermique d'été doit donc être: « Maintenir les charges thermiques en été au niveau le plus faible possible et les évacuer la nuit grâce à des mesures de ventilation efficaces ».

Importance des différents facteurs d'influence

D'après les simulations effectuées, l'ordre d'importance des différents facteurs d'influence sur le confort thermique est le suivant: protection solaire – capacité thermique de la pièce et aération nocturne – charges thermiques internes et part de vitrage. L'influence du type d'isolation mise en œuvre est négligeable.



Vous trouverez d'autres informations sur ce thème dans la brochure *Protection thermique estivale* de Minergie.

Thermique, acoustique, protection incendie: Des conseils professionnels.



Isolation
thermique



Isolation
phonique



Protection
incendie



Toits

Toitures inclinées,
toitures plates



Sols et plafonds

Chapes, sous-planchers,
planchers, plafonds,
plafonds acoustiques



Murs

Façades, parois,
constructions légères,
constructions bois



Isolations techniques et préfabrication

Préfabrication, conduites,
réservoirs, gaines

SAINT-GOBAIN

Saint-Gobain
ISOVER AG
Route de Payerne 1
1522 Lucens
Tél. 021 906 01 11
admin@isover.ch

Customer Service / Ventes

Tél. 021 906 05 70
07:30 - 11:45
13:30 - 17:00
vendredi jusqu'à 16:00
sales@isover.ch

Helpdesk / Technique

Tél. 0848 890 601
helpdesk@isover.ch