



Le confort d'été dans les Bâtiments Passifs: Guide pratique

Project funded by:



Author:



Table de matières

1	Introduction	3
2	Évaluation du confort d'été	4
3	Aide à la conception pour le confort d'été	5
4	Mesures de refroidissement passif	6
4.1	Paramètres de conception	6
a)	Ombrage pour réduire les charges solaires	6
b)	Sources de chaleur dans le bâtiment.....	7
c)	Niveau d'isolation	7
d)	Ventilation nocturne.....	8
e)	Mesures supplémentaires pour un confort d'été élevé	11
4.2	La simulation de crise en été comme analyse des risques.....	13
a)	Influence de l'utilisateur	14
b)	Influence du climat.....	14
4.3	Développer des solutions pour les zones à haut risque	15
4.3.1	Analyse du potentiel de surchauffe locale.....	16
4.3.2	Refroidissement actif	18
4.4	Confort d'été suffisamment validé	19
5	Liste de références et lectures complémentaires	20

1 Introduction

Avec le réchauffement des conditions climatiques, le sujet de la résistance à la surchauffe prend de plus en plus d'importance, d'autant plus que les températures intérieures élevées ne sont pas seulement une question de confort, mais sont aussi fortement liées à la santé. Les températures estivales à l'intérieur d'un bâtiment sont principalement influencées par les charges solaires, les sources de chaleur internes et la stratégie de ventilation. L'optimisation de la conception en fonction des conditions climatiques locales influence fondamentalement (a) le confort thermique d'été obtenu et (b) la résistance du bâtiment au risque de surchauffe dans des circonstances défavorables.

La preuve d'un confort élevé tout au long de l'année est au cœur même du concept de Passivhaus. La perception et la mesure du confort thermique est un sujet complexe en soi, car il est influencé par de nombreux aspects, par exemple la température et l'humidité, le mouvement de l'air, le niveau d'habillement, l'activité et même les préférences personnelles. Un indicateur significatif du confort d'été - qui a fait ses preuves dans la pratique - est la température, qui ne doit pas dépasser le niveau de confort pendant de longues périodes. Dans le cadre des mesures d'assurance qualité visant à garantir un confort thermique élevé en été, la fréquence de surchauffe est limitée pour les bâtiments de type Passivhaus. Plus précisément, les températures internes d'un bâtiment de type Passivhaus ne doivent pas dépasser 25 °C pendant plus de 10 % des heures d'une année, et il est recommandé de rester en dessous de 5 %, comme calculé pendant le processus de conception avec le Passive House Planning Package [PHPP]. Les conditions limites soigneusement évaluées utilisées pour les calculs lors de la conception peuvent toutefois varier par rapport à l'utilisation réelle du bâtiment, par exemple les conditions météorologiques annuelles et l'interaction avec l'utilisateur. Une analyse des risques par le biais de tests de résistance à la conception est absolument essentielle pour une stratégie robuste de confort d'été. S'il n'est pas possible de limiter le risque de surchauffe de manière fiable, le refroidissement actif est crucial pour maintenir un confort d'été élevé. Dans ce cas, la demande énergétique pour le refroidissement actif doit être maintenue en dessous d'un certain seuil [PHI 2016].

Ce guide pour le confort d'été a été rédigé pour sensibiliser et aider les concepteurs de bâtiments à développer une stratégie solide pour assurer le confort thermique tout au long de l'année. L'aide à la conception fournie permet d'identifier les techniques de refroidissement passif efficaces et d'analyser les risques potentiels d'un projet en matière de confort d'été.

Afin de garantir que le bâtiment fonctionnera comme prévu, la stratégie de confort d'été choisie doit être discutée et acceptée par le client/propriétaire. Pour cette raison, le concept final décrivant la stratégie de confort d'été du projet doit être résumé dans un document dédié, comprenant l'analyse des risques et des explications sur les hypothèses de conception sélectionnées pour les mesures de refroidissement passif individuelles (par exemple, la dérivation du taux de ventilation nocturne manuel des fenêtres en tenant compte du contexte spécifique du projet). Il est également conseillé de fournir une résilience supplémentaire pour les conditions climatiques futures plus chaudes en donnant une perspective pour les potentiels d'optimisation du projet spécifique. Les bâtiments qui, dans les conditions climatiques actuelles, peuvent être maintenus dans un état de confort satisfaisant en s'appuyant uniquement sur un mécanisme de refroidissement passif, pourraient avoir besoin d'un refroidissement actif au milieu du siècle. L'idéal serait de garder à l'esprit, lors de la conception, l'éventualité d'une future mise à niveau du système de refroidissement, afin de s'assurer que le bâtiment est conçu pour

une faible charge de refroidissement. Enfin, il est important de fournir aux résidents des informations et des instructions d'utilisation pertinentes, par exemple sous la forme d'un manuel d'utilisation pour le confort d'été.

2 Évaluation du confort d'été

L'aide à la conception du confort d'été présentée dans la section suivante fournit une vue d'ensemble des facteurs cruciaux influençant le confort d'été du bâtiment avec le rafraîchissement passif, ainsi que des conseils pour une évaluation des risques. Il suit trois étapes principales et soutient la conception et l'évaluation du confort d'été spécifique au projet. Elle guide la prise de décision pendant la conception, pour la remise du bâtiment et pour la communication à l'utilisateur final sur la façon d'exploiter le bâtiment.

1. Identifier et optimiser les mesures de refroidissement passif :

- Les paramètres de conception : Comprendre et optimiser les mesures de rafraîchissement passif pour une stratégie de confort d'été robuste.
- Évaluation des risques via un test de stress estival : Évaluation de l'influence du comportement des utilisateurs et de l'influence des conditions météorologiques/climatiques sur le confort d'été du bâtiment.

2. Développer des solutions pour les zones à haut risque :

- Confirmer si des mesures supplémentaires sont nécessaires pour empêcher la surchauffe dans les zones à haut risque.
- Si nécessaire, prévoir un refroidissement actif.

3. Validation du confort d'été :

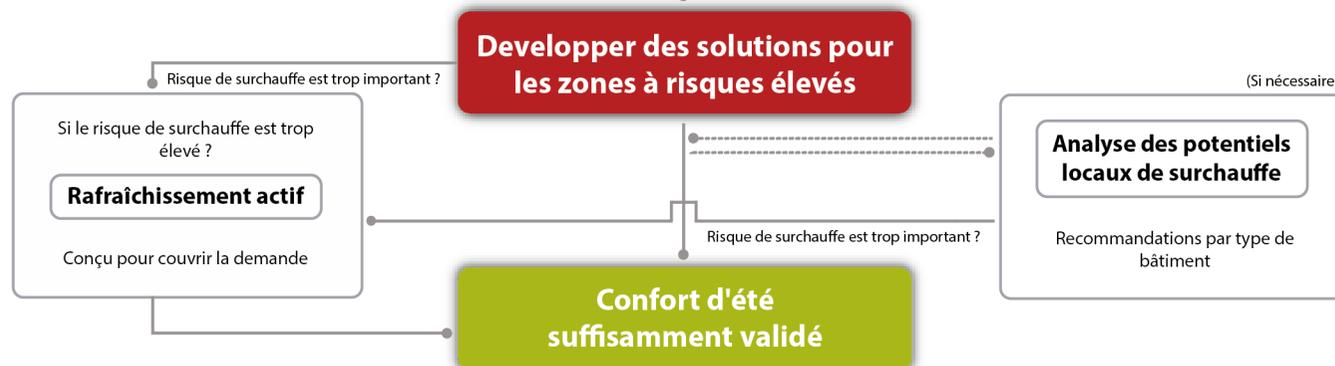
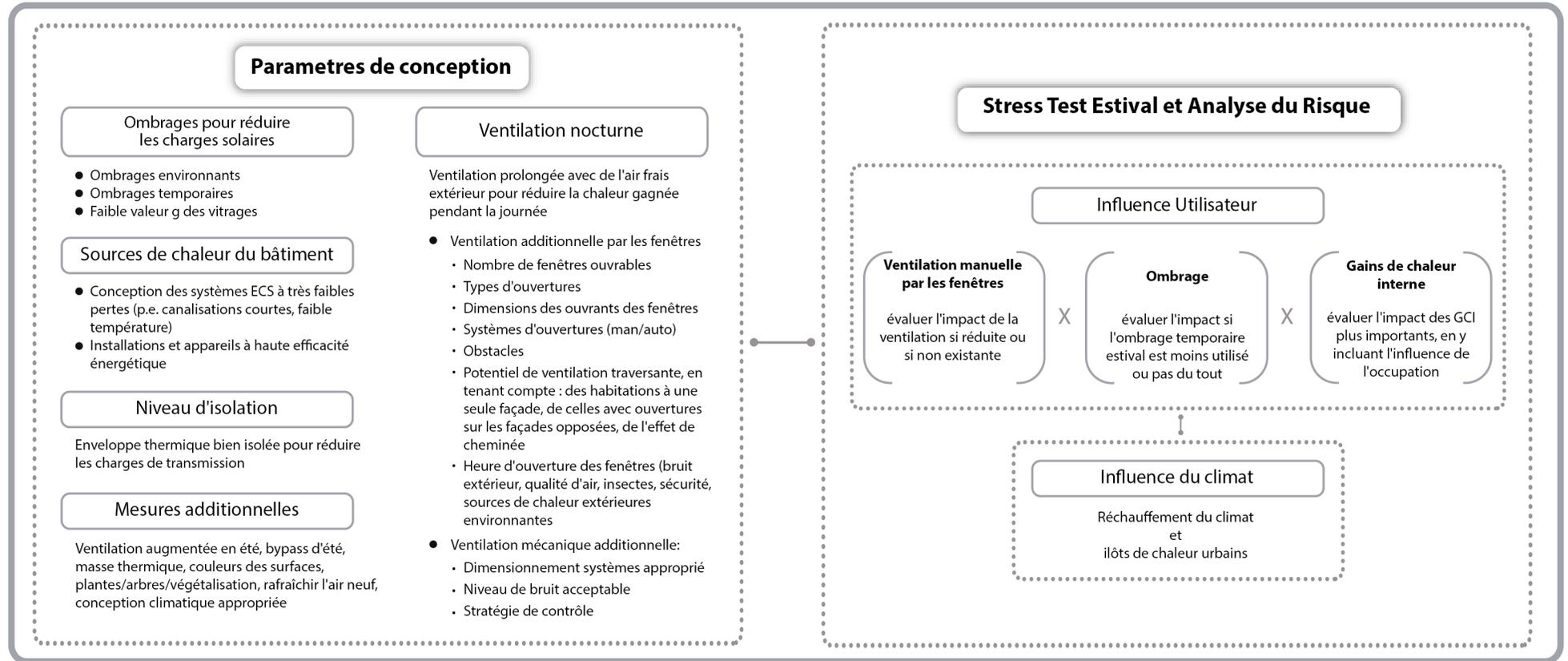
- Affirmation que le bâtiment sera confortable toute l'année avec la stratégie choisie.



Figure 1: Maison multifamiliale à Bahnstadt Heidelberg, Allemagne (photo : Passive House Institute)

AIDE A LA CONCEPTION POUR LE CONFORT ESTIVAL

Mesure de rafraîchissement passif



4 Mesures de refroidissement passif

L'augmentation de la température à l'intérieur d'un bâtiment est due aux gains de chaleur nets. Le tout premier principe du refroidissement passif est donc de réduire toute source potentielle de chaleur, par exemple les gains solaires et la chaleur générée à l'intérieur du bâtiment. Lorsque les températures dépassent le niveau de confort, le seul moyen efficace d'éliminer passivement l'excès de chaleur est la ventilation, lorsque les températures extérieures sont suffisamment basses.

4.1 Paramètres de conception

La conception du bâtiment a un impact majeur sur son confort d'été. Par conséquent, les paramètres suivants doivent être considérés avec attention et réalisme lors de la phase de conception.

a) Ombrage pour réduire les charges solaires

Le bâtiment doit être conçu pour réduire les charges solaires en été. La surface vitrée doit être sélectionnée avec soin pour équilibrer l'éclairage naturel, les gains solaires bénéfiques en hiver et l'évitement des charges élevées en été. Une grande surface vitrée sans ombrage extérieur par rapport à la surface au sol indique des charges solaires élevées, ce qui peut poser un risque de surchauffe. Les mesures suivantes permettent de gérer les charges solaires.

Ombrage de l'environnement

L'environnement et le cadre bâti, tels que les bâtiments voisins, les chaînes de montagnes ou la lisière d'une forêt, ont un impact majeur sur l'ombrage. L'effet d'ombrage est plus faible pour les objets étroits et avec une distance croissante. Par conséquent, [designPH] prend en charge l'analyse détaillée des situations complexes d'ombrage pour chaque fenêtre individuelle et calcule les facteurs de réduction de l'ombrage pour l'été et l'hiver.

L'ombrage peut varier à l'avenir en raison de circonstances telles qu'une nouvelle construction ou des arbres. La conception du bâtiment et le calcul du bilan énergétique doivent prendre en compte des hypothèses conservatrices pour le fonctionnement en hiver et en été.

Protection solaire temporaire : emplacement et fonctionnement

Les protections extérieures temporaires telles que les lamelles verticales, les stores ou les auvents protègent du rayonnement solaire. L'impact de la protection solaire extérieure temporaire dépend de l'efficacité du blocage du rayonnement entrant, du système de contrôle (manuel ou automatique) ainsi que du comportement de l'utilisateur. Les occupants sont plus susceptibles d'utiliser des dispositifs de protection solaire avec une certaine transparence, qui offrent une connexion visuelle avec l'extérieur même s'ils sont fermés. Les commandes doivent être faciles à utiliser. Lorsqu'ils fonctionnent automatiquement, les dispositifs de protection solaire ne doivent pas changer d'état plus de trois fois par jour afin d'éviter de déranger les utilisateurs. Les stratégies de commande doivent être déterminées avec soin ; si, par exemple, les dispositifs de protection solaire sont fermés en fonction du rayonnement solaire par

orientation de la façade, la logique de commande peut ne pas être facile à comprendre pour les utilisateurs des étages inférieurs qui sont ombragés par des éléments extérieurs.

Si la protection solaire extérieure n'est pas viable, **une protection solaire interne temporaire** peut également être installée. Cependant, la protection solaire interne est moins efficace, car le rayonnement solaire a déjà pénétré dans le bâtiment.

Valeur Low g du vitrage

Plus la valeur g du vitrage est faible, plus les gains solaires à travers la fenêtre sont faibles. La valeur g doit être optimisée pour la période de chauffage et de refroidissement du bâtiment. En raison de l'impact sur la demande de chauffage, les faibles valeurs g sont recommandées comme stratégie de conception du confort d'été uniquement pour les zones à risque (par exemple, les pièces avec de grandes surfaces de fenêtres ou peu d'ombrage).

b) Sources de chaleur dans le bâtiment

Les sources de chaleur à l'intérieur du bâtiment affectent la charge interne en été et doivent être maintenues au plus bas niveau possible. Les deux aspects suivants doivent donc être conçus avec soin.

Un système d'eau chaude sanitaire (ECS) avec de faibles pertes de chaleur, par exemple des canalisations courtes, une bonne isolation, une température de distribution basse.

- Les canalisations d'ECS doivent être courtes et bien isolées (y compris les vannes et les fixations) pour réduire les pertes de chaleur. Une "bonne norme d'isolation thermique" signifie une épaisseur d'isolation d'au moins deux fois le diamètre nominal du tuyau (2 x DN) [AKKP49].
- Les systèmes d'ECS centraux présentent généralement des pertes de chaleur plus élevées en raison de la longueur du réseau de distribution et de la circulation de l'eau. Des températures de distribution basses et des stratégies de contrôle basées sur la demande peuvent aider à réduire les pertes. Les solutions techniques doivent être hygiéniquement non problématiques, par exemple l'ultrafiltration, l'unité d'interface thermique dans chaque appartement ou la chloration.
- Les réservoirs de stockage doivent être suffisamment isolés et fonctionner à basse température.

Équipements et appareils à haut rendement énergétique

Les charges thermiques internes sont générées par les occupants eux-mêmes ainsi que par tout équipement technique à l'intérieur du bâtiment, par exemple l'éclairage, les appareils ménagers ou de bureau et l'électricité auxiliaire. Lors de la conception du bâtiment, ces paramètres doivent être soigneusement pris en compte dans le bilan énergétique. En outre, les charges thermiques internes doivent être maintenues à un faible niveau grâce à l'installation d'un éclairage et d'équipements économes en énergie.

c) Niveau d'isolation

En général, une meilleure isolation, réduit l'échange de chaleur à travers une surface. Elle protège donc également un volume intérieur frais contre un environnement chaud, comme c'est le cas pour une glacière. Si les températures extérieures sont plus élevées qu'à l'intérieur du bâtiment, les charges de transmission à travers les éléments du bâtiment (par exemple, le mur,

le toit ou la fenêtre) sont réduites lorsqu'ils sont construits selon le niveau d'isolation amélioré de la maison passive. L'amélioration de l'isolation signifie également que les pertes de transmission potentiellement bénéfiques sont réduites pendant les périodes estivales où il fait plus froid à l'extérieur qu'à l'intérieur (par exemple, la nuit). Pendant ces périodes, cependant, la ventilation est de toute façon un moyen beaucoup plus efficace de réduire la température intérieure. Associé à un concept de ventilation et d'ombrage adéquat, le niveau d'isolation contribue à maintenir les conditions intérieures fraîches [PHI 2021b]. On peut également considérer qu'il s'agit d'une mesure de résilience face au réchauffement climatique, car une meilleure isolation est une mesure importante pour maintenir la demande active de refroidissement à un niveau bas.

d) Ventilation nocturne

L'augmentation du débit de ventilation aux moments où il fait plus froid à l'extérieur qu'à l'intérieur contribue à refroidir passivement le bâtiment. Par exemple, l'air frais de la nuit peut être utilisé pour dissiper l'excès de chaleur gagné pendant la journée. Il existe deux stratégies principales : une ventilation supplémentaire par les fenêtres ou une ventilation mécanique supplémentaire (avec dérivation de la récupération de chaleur) aux moments où la température et l'humidité extérieures sont inférieures à celles de l'intérieur (c'est-à-dire surtout pendant la nuit et les premières heures du matin). La ventilation nocturne est plus efficace si elle est appliquée sur une plus longue période, par exemple pendant toute la nuit et pas seulement pendant les heures du soir ou du matin. Les courtes périodes de ventilation refroidissent l'air et améliorent la sensation immédiate de température, mais la chaleur stockée dans les matériaux de construction (masse thermique) ne peut être dissipée qu'avec des périodes de ventilation plus longues.

Un taux élevé de renouvellement de l'air par les fenêtres peut indiquer que la stratégie de refroidissement est trop dépendante du flux d'air provenant de l'ouverture des fenêtres la nuit ou le jour, qui dépend à son tour du comportement de l'occupant. Des raisons pratiques (par exemple, des contraintes de bruit ou de pollution) ou des préférences personnelles peuvent conduire à une ventilation plus faible de la part des occupants, ce qui représente un risque pour les performances estivales du bâtiment. Pour cette raison, une analyse de risque (voir 4.2) est très importante pour identifier la sensibilité du confort d'été au comportement de l'utilisateur, et guider vers des choix de conception plus robustes et résilients.

Ventilation supplémentaire par les fenêtres

Le taux de renouvellement de l'air à travers une fenêtre entièrement ouverte est beaucoup plus élevé qu'à travers une fenêtre inclinée. En outre, les éléments d'ombrage internes ou externes, les moustiquaires et le potentiel de ventilation croisée affectent le taux de renouvellement de l'air et doivent être pris en compte de manière réaliste dans le calcul du bilan énergétique [PHPP]. D'autres aspects comme la sécurité, les insectes, le bruit extérieur et la qualité de l'air extérieur, affectent les **heures d'ouverture des fenêtres** et donc la faisabilité de la ventilation supplémentaire par les fenêtres pendant la nuit.

Pour le calcul du taux de renouvellement d'air par la ventilation des fenêtres, les aspects suivants doivent être évalués avec soin et documentés dans les élévations, les sections et les plans d'étage du bâtiment, ainsi que dans un manuel d'utilisation destiné aux occupants.

- **Nombre de fenêtres** ouvrantes en tenant compte d'une approche réaliste et réalisable en termes de sécurité, d'insectes, de bruit extérieur et de qualité de l'air.
- **Type** d'ouverture (latérale, inclinée, supérieure, coulissante, etc.) : Les différents types d'ouverture permettent des taux de renouvellement d'air différents, en fonction de la largeur d'ouverture possible.
- **Dimensions** de l'ouverture des fenêtres : Les informations relatives à l'ouverture libre des fenêtres doivent être évaluées avec soin afin de pouvoir estimer de manière réaliste le taux de renouvellement d'air. La figure 2 donne un exemple des dimensions pertinentes dans le cas de fenêtres inclinées.
- **Les systèmes d'ouverture des fenêtres** fonctionnent soit manuellement, soit automatiquement. Le fonctionnement manuel dépend des occupants. Des instructions et des conseils peuvent aider les occupants à mieux comprendre comment mettre en œuvre la ventilation nocturne pour le refroidissement et donc réduire le risque de malentendus et de mauvaise utilisation (par exemple, via le manuel d'utilisation pour le confort d'été). Pour le fonctionnement automatique, les fenêtres peuvent être programmées pour s'ouvrir et se fermer en fonction de l'heure, de la concentration de CO₂, des niveaux d'humidité, etc.
- **Obstacles** : Tout élément qui entrave le libre-échange d'air à travers les fenêtres ouvertes doit être pris en compte comme facteur de réduction du taux de renouvellement d'air effectif, par exemple les moustiquaires, les éléments d'ombrage fixes, les rideaux/stores pour bloquer la lumière entrante, etc.

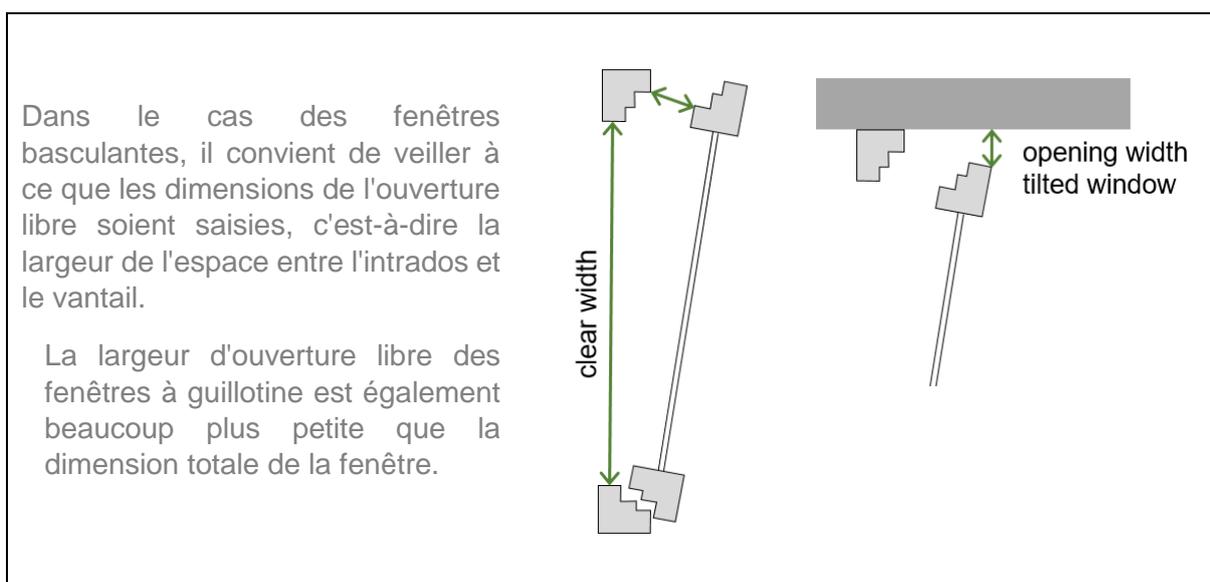


Figure 2: Mesure de la largeur libre t_L pour les fenêtres inclinées

- La ventilation croisée** peut être très efficace pour augmenter les taux de ventilation pour le refroidissement passif. Le potentiel de ventilation croisée doit être examiné attentivement en tenant compte de l'emplacement des fenêtres (par exemple, ouvertures sur des côtés opposés et différence de hauteur) et du flux d'air entre les pièces. La disposition du bâtiment a un impact important. La ventilation croisée est plus efficace dans un logement à plusieurs niveaux et dont les fenêtres sont orientées vers des côtés opposés que dans un logement à un seul aspect où les fenêtres ne sont orientées que vers un seul côté. En outre, il faut tenir compte du fait que les portes intérieures réduisent le taux de renouvellement de l'air de la ventilation transversale et qu'elles doivent être maintenues ouvertes ou comporter des ouvertures spéciales de débordement non obstruées.



Ventilation mécanique supplémentaire

La ventilation mécanique supplémentaire est une option possible dans les cas où la ventilation nocturne par les fenêtres n'est pas réalisable (par exemple, pour des raisons de bruit, de moustiques ou de lumière). De plus, cette stratégie assure une distribution contrôlée de l'air dans tout le logement. Bien entendu, la ventilation mécanique nécessite un apport électrique pour faire fonctionner les ventilateurs, ce qui doit être pris en compte dans le bilan énergétique global et l'effet de refroidissement. Les aspects suivants doivent être évalués avec soin dans le cas où une ventilation nocturne supplémentaire serait assurée par le système de ventilation mécanique.

- **Dimensionnement approprié du système** : Le système de ventilation mécanique doit fournir une capacité suffisante pour couvrir le taux de ventilation plus élevé par une ventilation nocturne supplémentaire.
- **Niveau de bruit acceptable** : Le niveau de bruit doit être acceptable, conformément aux directives et critères généraux de la maison passive [Critères de construction].
- **Stratégie de contrôle** : Le système de ventilation mécanique supplémentaire ne doit fonctionner que s'il est bénéfique, par exemple si les températures extérieures sont suffisamment basses par rapport aux températures intérieures. Ceci peut être assuré par un contrôle automatisé de la différence de température et, en fonction du climat, de l'humidité. Une dérivation de la récupération de chaleur dans le système de ventilation garantit que l'air extérieur frais remplace l'air intérieur chaud.

Une ventilation mécanique supplémentaire peut facilement avoir un coefficient de performance (COP) pour un refroidissement efficace qui est beaucoup plus faible que celui d'une unité split, par exemple. Par exemple, pour obtenir un COP de 5 avec un système d'air extrait (rendement électrique de 0,2 Wh/m³), la différence de température doit être supérieure à 3 K.

e) Mesures supplémentaires pour un confort d'été élevé

Des mesures supplémentaires sont disponibles pour aider à augmenter le confort thermique des occupants en été, ou pour réduire les charges de refroidissement en cas de refroidissement actif. Quelques exemples sont décrits dans la section suivante. La mesure dans laquelle un certain aspect peut être exploité pour un projet spécifique doit être évaluée dans le contexte du bâtiment et de son utilisation.

Augmentation de la ventilation en été : Un taux de ventilation de base est nécessaire dans chaque bâtiment pour des raisons d'hygiène, qui peut être fourni soit par le système de ventilation mécanique, soit par l'air extrait, soit par la ventilation des fenêtres, soit par une combinaison des trois. Si les conditions extérieures moyennes sont plus fraîches que le seuil de confort de 25 °C, un taux de ventilation de base plus élevé en été peut être bénéfique pour garder le bâtiment frais. L'efficacité d'un taux de ventilation plus élevé et son impact sur le confort dépendent du climat local, c'est-à-dire des conditions de température et d'humidité.

By-pass de récupération de chaleur : Le système de ventilation mécanique doit avoir une fonction de dérivation. Lorsque la température extérieure est inférieure aux conditions intérieures, la récupération de chaleur doit être contournée, afin que l'air plus frais puisse entrer directement dans le bâtiment (voir la figure 3). De nos jours, de nombreux systèmes de ventilation comprennent une fonction de dérivation automatique, qui est contrôlée en fonction de la température extérieure. Si la température extérieure est supérieure à la température

intérieure, la récupération de chaleur de la ventilation mécanique peut aider à pré-refroidir l'air entrant.

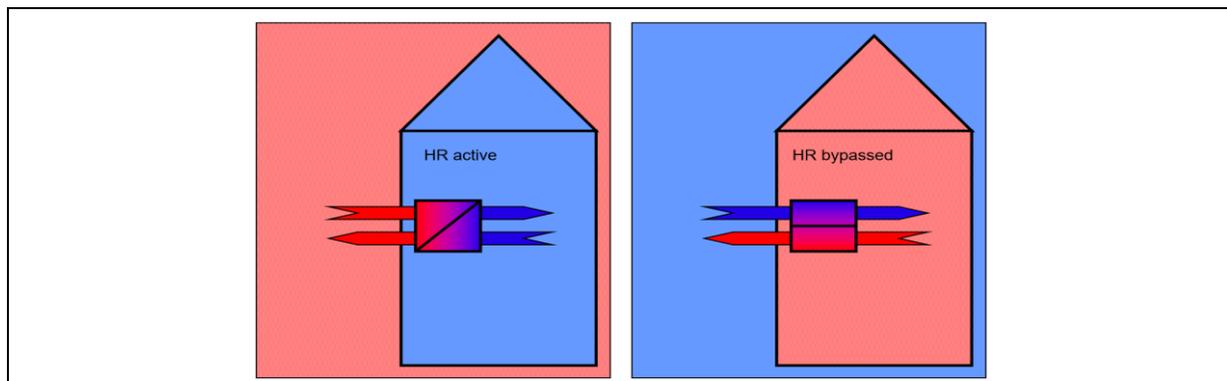


Figure 3: Vue d'ensemble du fonctionnement de l'unité de ventilation en été avec récupération de chaleur (à gauche) lorsqu'il fait plus chaud à l'extérieur qu'à l'intérieur ou avec récupération de chaleur contournée (à droite) lorsque l'air frais extérieur remplace directement l'air plus chaud extrait de la pièce.

La masse thermique : La masse thermique ajoute de l'inertie au bâtiment, c'est-à-dire que le bâtiment se réchauffe et se refroidit plus lentement. L'absorption des charges solaires ou internes par la masse thermique du bâtiment a pour effet d'atténuer les pics de température pendant les périodes d'ensoleillement ou d'occupation élevée. Afin de maintenir des conditions intérieures confortables, il est crucial d'éliminer efficacement cet excès de chaleur absorbé. Le seul moyen passif de "recharger" la masse thermique est la ventilation nocturne sur de longues périodes (toute la nuit). La masse thermique doit donc être optimisée pour les projets spécifiques en tenant compte du profil de charge et du potentiel de ventilation nocturne.

Couleurs des surfaces : Les surfaces foncées ont une plus grande absorptivité solaire que les surfaces de couleur claire et chauffent donc sensiblement plus lorsqu'elles sont exposées au rayonnement solaire. L'utilisation de revêtements de surface à faible absorptivité est une mesure de refroidissement passif simple et efficace. Un effet secondaire bénéfique de l'utilisation de couleurs claires est l'influence positive sur la réduction de l'effet d'îlot de chaleur urbain. En plus de la couleur visible de la surface, les revêtements aux "couleurs froides" contribuent à maintenir les surfaces fraîches en raison de leur forte réflectivité dans le spectre infrarouge.

Plantes / arbres / verdure : Les arbres ou autres plantes peuvent être intégrés esthétiquement dans le concept d'ombrage pour le confort d'été. En outre, les effets d'évaporation des plantes peuvent avoir une influence positive sur le maintien d'un microclimat frais autour des bâtiments. La végétation est une mesure recommandée pour réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain.

Pré-refroidissement de l'entrée d'air frais : Différentes techniques de complexité variable sont disponibles pour pré-refroidir l'air entrant des systèmes de ventilation mécanique, par exemple les échangeurs de chaleur souterrains (acheminer les conduits d'air frais sous terre avant qu'ils n'entrent dans le bâtiment ou, alternativement, avec une boucle de saumure et un échangeur de chaleur).

Conception adaptée au climat : La disposition, le zonage, l'orientation et la position des fenêtres d'un bâtiment influencent fondamentalement le confort d'été réalisable par des moyens passifs. Les considérations de conception qui sont bien établies et qui ont une longue tradition dans les régions à climat chaud ou très chaud peuvent offrir des méthodes rentables et fiables pour garder un bâtiment frais. Il s'agit par exemple de l'architecture avec des balcons et des

surplombs pour fournir de l'ombre, des cours intérieures ombragées ou des conceptions optimisées pour l'effet de cheminée et une ventilation transversale efficace.

4.2 La simulation de crise en été comme analyse des risques

La température estivale réelle dans un bâtiment en service est très sensible à un certain nombre de facteurs d'influence. Ces facteurs ont un fort impact mais varient tout au long de l'utilisation du bâtiment. Les plus notables sont les conditions météorologiques (certains étés sont plus chauds que d'autres, ainsi que les projections de réchauffement général du climat) et l'interaction des utilisateurs avec le bâtiment (en particulier la ventilation manuelle nocturne et l'ombrage). La mise à l'épreuve de la conception du bâtiment dans une série de conditions limites possibles et probables fournit un retour d'information précieux et une meilleure compréhension des facteurs de risque de surchauffe et peut ainsi orienter vers des choix de conception plus robustes et résilients.

Le tableau 1 fournit un résumé des variations de paramètres recommandées pour les tests de stress du confort d'été avec le PHPP, suivi d'une description des facteurs individuels dans les sous-chapitres suivants du guide.

Tableau 1: Matrice avec les variations de paramètres recommandées pour les tests de stress estivaux avec le PHPP. Les entrées marquées d'un astérisque indiquent des hypothèses conformes aux hypothèses de conception spécifiques au projet. Source : [PHPP v10].

	1	2	3	4	5
	Test de résistance combiné	Ventilation par les fenêtres	Ombrage temporaire	Gains de chaleur internes	Climat
Influence de l'utilisateur					
Ventilation estivale de base par les fenêtres	même que hiver ACH ²⁾	même que hiver ACH ²⁾	*	*	*
Ventilation supplémentaire de la fenêtre de nuit 1)	≤ 0.1 h ⁻¹	0 h ⁻¹	*	*	*
Facteur de réduction pour l'utilisation de l'ombrage temporaire	automatisé: 80% manuel: 70%	*	0%	*	*
Gains de chaleur internes	125%	*	*	200%	*
Influence du climat					
Augmentation de la température en été	+1.5 K	*	*	*	+2.0 K
	1	2	3	4	5
	Combined stress test	Window ventilation	Temporary shading	Internal heat gains	Climate

¹⁾ Taux de renouvellement de l'air (ACH) pour une différence de 1K entre la température intérieure et extérieure, selon les conventions PHPP.

²⁾ Le taux de renouvellement d'air total de base, qui est hygiéniquement nécessaire en été, ne doit pas être supérieur au taux de renouvellement d'air moyen supposé en hiver.

a) Influence de l'utilisateur

Ventilation manuelle des fenêtres

Dans la plupart des projets, la ventilation des fenêtres repose sur l'ouverture et la fermeture manuelles des fenêtres par les occupants - à la fois pendant la journée pour la ventilation de base et la nuit pour le refroidissement passif supplémentaire. Si les utilisateurs ouvrent moins de fenêtres ou pendant une période plus courte que celle supposée pour la modélisation énergétique (par exemple seulement en soirée mais pas pendant toute la nuit), l'effet du refroidissement passif est réduit et les températures dans le bâtiment sont susceptibles d'être plus élevées. Pour mieux comprendre le risque, il est utile d'évaluer l'impact d'une ventilation supplémentaire réduite par les fenêtres sur les performances du bâtiment, voire de son absence totale. Pour le taux de ventilation de base, il est approprié de supposer pour le test de stress que le taux de ventilation estival total n'est pas plus élevé que ce qui est hygiéniquement requis également en hiver. Pour la ventilation nocturne supplémentaire, il est recommandé de tester l'impact d'une réduction des ouvertures des fenêtres (par exemple, une fenêtre inclinée, moins de temps d'ouverture) ou de leur absence.

Ombrage

De même, les éléments d'ombrage manuels dépendent fortement de l'interaction avec l'utilisateur. Par exemple, le propriétaire d'une maison peut ne pas fermer les stores le matin d'une journée d'été ensoleillée avant de sortir de la maison pour aller travailler, ou les éléments de protection solaire sont maintenus partiellement ouverts pour permettre l'accès à la lumière du jour par préférence personnelle. La performance du bâtiment doit être testée pour le confort d'été avec des éléments de protection solaire manuels réduits ou inexistant.

Gains de chaleur internes

Les gains de chaleur à l'intérieur du bâtiment sont déterminés par les personnes, leurs habitudes et tout équipement électrique ou émetteur de chaleur à l'intérieur du bâtiment. L'occupation et l'utilisation du bâtiment peuvent différer des hypothèses faites lors de la conception. En particulier, l'étendue et l'efficacité des équipements peuvent varier de manière significative en fonction du style de vie, de l'actualité et des préférences des occupants (par exemple, les équipements de cuisine, les systèmes de divertissement à domicile, les équipements de bureau, etc.). Pour cette raison, il est important de soumettre la conception à des tests d'impact sur le confort d'été en cas

b) Influence du climat

Les bâtiments sont généralement conçus sur la base de conditions climatiques moyennes historiques et représentatives d'une région. Il est fortement recommandé de tester les performances estivales dans des conditions extérieures plus chaudes. Certains étés seront plus chauds que d'autres et la seule façon de comprendre les performances d'un bâtiment en cas d'été extrême ou de vague de chaleur est de tester la conception dans des conditions plus chaudes. Ceci est d'autant plus important que la tendance générale est au réchauffement climatique. Les essais sous contrainte dans des conditions plus chaudes permettent en outre de tenir compte du microclimat local en milieu urbain, qui est souvent plus chaud en raison de l'effet d'îlot de chaleur urbain. Les effets typiques de conditions plus chaudes sont l'augmentation du nombre de jours généralement plus chauds et de nuits dites tropicales (jours où la température ne descend pas en dessous de 20°C pendant la nuit), ce qui peut avoir un

impact limitatif significatif sur le potentiel de refroidissement nocturne par ventilation naturelle. Aux fins des tests de résistance, une approche simplifiée avec des conditions estivales plus chaudes est suffisamment précise, par exemple en utilisant l'outil de modification des températures estivales pour les données climatiques du PHPP [PHI 2021a].

Réchauffement climatique

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat a publié plusieurs scénarios qui prédisent les conditions climatiques futures avec différents niveaux de réchauffement selon le lieu et le scénario politique supposé. Les projections climatiques futures sont par nature incertaines, mais un certain degré de réchauffement est à prévoir pendant la durée de vie des bâtiments construits aujourd'hui. Pour tester les performances des bâtiments, une hypothèse appropriée pour l'augmentation de la température estivale moyenne sur terre jusqu'au milieu du siècle est de 1°C à 1,5°C (par rapport à la période de référence 1981-2010).

Îlot de chaleur urbain

La plupart des constructions ont lieu en milieu urbain, où les conditions de chaleur sont très courantes en raison de l'effet d'îlot de chaleur urbain. Cet effet est principalement dû à une absorption solaire plus élevée ainsi qu'à des facteurs d'influence importants comme la densité des bâtiments, le degré d'imperméabilisation du sol et les espaces verts, la couverture nuageuse et l'accès au vent. Étant donné que le réchauffement varie fortement à la fois localement et dans le temps, il est difficile de faire des estimations généralisées de l'augmentation de la température. Selon la littérature, des augmentations de température allant jusqu'à 2°C (moyenne annuelle) ne sont pas rares. Pour une estimation réaliste, le cas individuel doit être étudié plus en détail et pris en compte respectivement dans les données climatiques utilisées comme condition limite pour l'analyse du bâtiment. Les images infrarouges des villes sont souvent utilisées pour visualiser l'intensité de l'effet d'îlot de chaleur dans différentes parties de la ville.

4.3 Développer des solutions pour les zones à haut risque

Certains indicateurs clés peuvent être très utiles pour guider l'évaluation et l'optimisation à un stade précoce de la planification, comme décrit dans le chapitre précédent. Une autre source d'information utile qui a été développée pour le contexte climatique du Royaume-Uni est [Passivhaus Trust 2021].

L'identification et l'optimisation des mesures de refroidissement passif pour une stratégie de confort d'été fiable est, cependant, généralement un processus itératif. L'objectif est de parvenir à une conception coordonnée avec des stratégies de refroidissement passif optimisées afin de maintenir le confort du bâtiment de manière fiable. Des solutions de conception robustes et résilientes permettront de disposer d'une marge de manœuvre suffisante en cas de conditions estivales plus extrêmes et/ou d'interactions imprévues avec les utilisateurs. La mise à l'épreuve de la conception en examinant les variations possibles de l'interaction incertaine des utilisateurs et en tenant compte du réchauffement climatique permet d'identifier et de revoir les paramètres qui présentent un risque élevé de compromettre le confort d'été.

La conception doit être réévaluée à plusieurs reprises en fonction des objectifs de confort d'été. Des calculs et des analyses supplémentaires (par exemple, une simulation dynamique) peuvent être nécessaires pour l'analyse de zones à haut risque ou de projets particulièrement complexes (voir section **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). L'évaluation

doit toujours être considérée dans le contexte du projet particulier. Les immeubles multifamiliaux sont souvent occupés de manière dense, avec une forte variation des gains de chaleur internes par appartement et différents niveaux d'interaction des utilisateurs avec le bâtiment. Dans de tels cas, il est important de viser des fréquences de surchauffe bien inférieures au seuil de 10% des critères de certification des bâtiments de type Maison passive [PHI 2016]. Dans une maison individuelle avec accès au jardin, en revanche, ce point est beaucoup moins critique. La surchauffe est une question de confort mais peut également constituer un risque pour la santé et doit être prise particulièrement au sérieux dans les projets destinés à des occupants vulnérables, par exemple une maison pour personnes âgées. Si le confort d'été ne peut être garanti avec certitude, même après avoir optimisé la conception et les mécanismes de refroidissement passif, le refroidissement actif peut être la meilleure solution (voir section **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

4.3.1 Analyse du potentiel de surchauffe locale

En tant qu'outil de conception rapide et fiable, le PHPP est configuré comme une approche de bilan énergétique pour une seule zone. En tant que tel, les résultats reflètent les conditions de température moyenne attendues dans l'ensemble du bâtiment. Les algorithmes de surchauffe du PHPP ont fait leurs preuves dans la pratique - ils ont été validés par comparaison avec des simulations dynamiques et avec des données de température contrôlées dans divers projets. La méthodologie fonctionne bien pour les applications de conception typiques, mais atteint ses limites en cas de fortes fluctuations, par exemple en cas d'utilisation intermittente avec des gains de chaleur internes temporairement élevés ou en cas de grande exposition solaire non ombragée (qui devrait être évitée dans tous les cas) [Schnieders 2012]. La simulation dynamique permet de brosser un tableau plus détaillé des profils de température horaires dans les différentes parties des bâtiments, mais elle est généralement plus complexe et plus longue à mettre en place et plus difficile à interpréter. Il est en outre important de garder à l'esprit que les incertitudes liées à la capacité de calculer le confort d'été, telles que décrites dans les sections précédentes, sont également valables pour les simulations dynamiques. Une plus grande précision ne signifie pas nécessairement une plus grande exactitude. Une analyse de risque (c'est-à-dire un test de résistance) est également nécessaire pour ces modèles dynamiques plus détaillés.

Selon la taille et la complexité du bâtiment, il peut être nécessaire de procéder à des évaluations supplémentaires pour garantir le confort d'été, y compris dans les zones du bâtiment qui présentent un risque élevé de surchauffe. Vous trouverez ci-dessous une liste d'indicateurs permettant d'identifier ces zones. En cas d'incertitude, la zone spécifique doit être examinée plus en détail. Dans un premier temps, cela peut être fait par exemple avec un bilan énergétique du PHPP centré sur la zone en question (avec des hypothèses appropriées sur les conditions aux limites des zones adjacentes) ou avec des évaluations qualitatives supplémentaires. Si le risque est encore élevé ou jugé incertain, la simulation dynamique peut soutenir le processus de décision et de conception.

Indicateurs pour les zones exposées à un risque de surchauffe plus élevé que l'ensemble du bâtiment :

- Charge solaire localement plus élevée :
 - Proportion de vitrage plus élevée que la façade globale
 - Ombrage réduit par rapport au reste de la façade
 - Appartement exposé/zone avec une orientation défavorable, par exemple une pièce d'angle.
- Ventilation restreinte des fenêtres :
 - Zones avec moins de potentiel de ventilation transversale (ventilation à un seul aspect)
 - Zones avec une exposition au bruit plus élevée, par exemple face à la rue.
 - Zones présentant un risque de sécurité plus élevé
- Charges thermiques internes localisées :
 - Salles de machines, salles de serveurs ou autres espaces contenant des équipements à forte consommation d'énergie dans un espace relativement restreint.
 - Zones de vie/travail directement adjacentes à des locaux techniques plus chauds.
 - Utilisation intermittente et intensive de certaines pièces, par exemple les salles de séminaire.
- Les zones/pièces qui sont particulièrement sensibles à la surchauffe, par exemple, les gens ont tendance à préférer des températures plus fraîches dans les chambres.

4.3.2 Refroidissement actif

S'il apparaît clairement au cours du processus de conception que le bâtiment (ou des pièces individuelles) ne peut pas être maintenu confortablement au frais en utilisant uniquement des techniques de refroidissement passif, le refroidissement actif entre en jeu. Dans ce cas, il est important d'utiliser les mesures de refroidissement passif et de concevoir le bâtiment de manière holistique dans le but de maintenir la demande de refroidissement à un niveau bas. En fonction du bâtiment et de son utilisation, même une quantité réduite de climatisation (par exemple via l'air soufflé) peut contribuer à réduire l'inconfort et les problèmes de santé.

Diverses solutions techniques sont disponibles pour le rafraîchissement actif - allant de la climatisation localisée aux solutions de rafraîchissement à grande échelle. Il convient de consulter un ingénieur en technique du bâtiment pour concevoir un système adapté et efficace.

Dans le contexte du réchauffement climatique, il est de plus en plus judicieux de prévoir un refroidissement actif, même si l'évaluation indique que des conditions estivales confortables peuvent être fournies dans les conditions climatiques actuelles. Les périodes où le refroidissement actif est nécessaire correspondent généralement à la disponibilité de l'énergie solaire renouvelable, ce qui signifie que cette demande énergétique supplémentaire peut être couverte par des ressources durables. La condition préalable à cela est l'efficacité énergétique, c'est-à-dire s'assurer que le bâtiment est optimisé et conçu pour maintenir la demande de refroidissement actif à un niveau faible. L'exploitation des techniques de refroidissement passif et des méthodologies de test de stress telles que décrites dans ce guide est essentielle pour une construction économe en énergie.



© PHOTOLIFESTYLE-stock.adobe.com

4.4 Confort d'été suffisamment validé

Ce n'est qu'une fois que les mesures de refroidissement passif ont été optimisées, que la conception a été soumise à des tests de résistance et qu'elle a été soigneusement évaluée en termes de risque de surchauffe ou de besoin de refroidissement actif, que le confort d'été du bâtiment est suffisamment validé.

L'évaluation de la surchauffe est très spécifique au projet et doit également tenir compte du contexte individuel. Par exemple, il faut prévoir un espace libre suffisant pour les bâtiments à forte densité d'occupation avec une variation élevée des gains de chaleur internes et différents niveaux d'interaction avec les utilisateurs (par exemple, les bâtiments multifamiliaux, les hôtels, les dortoirs) ou pour les bâtiments dont les occupants sont particulièrement sensibles et vulnérables (par exemple, les maisons de retraite). En outre, il convient de garder à l'esprit la satisfaction à long terme des occupants ainsi que la possibilité de mettre en œuvre la stratégie de confort d'été comme prévu. L'évaluation et la conception minutieuses d'une stratégie de confort d'été fiable pour fournir des bâtiments confortables et sains sont avant tout la responsabilité du concepteur.

Les différentes mesures de refroidissement passif et les stratégies d'optimisation mentionnées dans ce guide (voir chapitre 3) sont interdépendantes et doivent généralement être réévaluées à plusieurs reprises au cours du processus de conception. L'examen par une tierce partie indépendante, par exemple par le biais d'une certification de bâtiment de type Maison passive, fournit une garantie supplémentaire que le bâtiment sera confortable tout au long de l'année.

Afin d'éviter les malentendus et de s'assurer que le bâtiment fonctionnera comme prévu une fois en service, la stratégie de confort d'été choisie doit être résumée dans un document dédié et acceptée par le client / propriétaire et suffisamment expliquée aux futurs utilisateurs, par exemple dans un manuel d'utilisation.

La gestion des températures intérieures en été est une question de confort et de santé et doit être prise en compte dans chaque projet individuel. Il est fondamental de comprendre le bâtiment et son utilisation probable, de tester la conception et les hypothèses, et d'ajuster les principaux facteurs d'influence en conséquence pour obtenir une conception résistante à la surchauffe.



5 Liste de références et lectures complémentaires

[AkkP 15]	Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 15: Passivhaus-Sommerfall. Passivhaus Institut, Darmstadt, 1999 [Research Group Cost-efficient Passive Houses, Volume 14: Passive House summer case. Passive House Institute, Darmstadt, 1999]. (German only)
[AkkP 22]	Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 22: Lüftungsstrategien für den Sommer. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2003 [Research Group Cost-efficient Passive Houses, Volume 22: Summer ventilation strategies. Passive House Institute, Darmstadt, 2003]. (German only)
[AkkP 31]	Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 31: Energieeffiziente Raumkühlung. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2005 [Research Group Cost-efficient Passive Houses, Volume 31: Energy-efficient cooling. Passive House Institute, Darmstadt, 2005]. (German only)
[AkkP 41]	Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 41: Sommerverhalten von Nichtwohngebäuden im Passivhaus-Standard; Projekterfahrungen und neue Erkenntnisse. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2012 [Research Group Cost-efficient Passive Houses, Volume 41: Cooling in non-residential Passive House buildings. Passive House Institute, Darmstadt, 2012]. (German only, with some articles available in English at: https://passipedia.org/phi_publications/research_group_for_cost-effective_passive_houses_proceedings)
[AkkP 48]	Research Group Cost-efficient Passive Houses, Volume 48: Summer situations in refurbished non-residential buildings . Passive House Institute, Darmstadt, 2012. Retrived from: https://passipedia.org/phi_publications/summer_situations_in_refurbished_non-residential_buildings
[AkkP 49]	Research Group Cost-efficient Passive Houses, Volume 49: Energy-efficient hot water systems . Passive House Institute, Darmstadt, 2015. Retrieved from: https://passipedia.org/phi_publications/nr.49_summary_of_protocol_volume_49
[AkkP 53]	Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 53: Sommerkomfort – bezahlbar und energieeffizient. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2018. [Research Group Cost-efficient Passive Houses, Volume 53: Summer comfort - affordable and energy-efficient. Passive House Institute, Darmstadt, 2018]. (German only)
[AkkP 57]	Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 57: Gebäudekonzepte für heiße Sommer: Schwerpunkt Passivhaus-Nichtwohngebäude. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2021. [Research Group Cost-efficient Passive Houses, Volume 57: Building concepts for hot summers: focus on Passive House non-residential buildings. Passive House Institute, Darmstadt, 2021]. (German only)
[desingPH]	Passive House Institute: designPH – 3D data entry tool for the Passive House Planning Package . Darmstadt 2013- 2021. Current Version: desingPH2 (2019)

[PHI 2016]	Passive House Institute: Criteria for the Passive House, EnerPHit and PHI Low Energy Building Standard . 15. August 2016. Retrieved from: https://passiv.de/downloads/03_building_criteria_en.pdf
[PHI 2021a]	Passive House Institute: Summer temperature modification of PHPP climate data . June 2021. Retrieved from: https://passivehouse.com/05_service/02_tools/02_tools.htm
[PHI 2021b]	Passive House Institute: The Passive House in summer: Summer climate in the Passive House – an important issue. May 2021. Retrieved from: https://passipedia.org/basics/summer
[PHTrust 2016]	Passivhaus Trust: Designing for Summer Comfort in the UK . October 2016. Retrieved from: https://passivhaustrust.org.uk/UserFiles/File/Technical%20Papers/PHT%20Summer%20Comfort_version%200.1.pdf
[PHTrust 2021]	Passivhaus Trust: Technical Guidance - Avoiding summer overheating . May 2021. Retrieved from: https://passivhaustrust.org.uk/guidance_detail.php?gId=49https://passivhaustrust.org.uk/UserFiles/File/Technical%20Papers/Avoiding%20summer%20overheating.pdf
[PHPP]	Passive House Institute: Passive House Planning Package (PHPP) The energy balance and planning tool for efficient buildings and refurbishments . Darmstadt 1998-2021. Current Version: PHPP 9 (2016).
[PHPP v10]	Passive House Institute: Passive House Planning Package (PHPP) The energy balance and planning tool for efficient buildings and refurbishments . Not yet released at the time of writing this report.
[Schnieders 2012]	Schnieders, J.: Planning tools for the summer situation in non-residential buildings , In: Research Group Cost-efficient Passive Houses, Volume 41: Cooling in non-residential Passive House buildings. Passive House Institute, Darmstadt, 2012. Retrieved from: https://passipedia.org/phi_publications/pb_41/planning_tools_for_the_summer_situation_in_non-residential_buildings

Mentions légales

Publié par :



Passive House Institute
Rheinstraße 44/46
64283 Darmstadt
Germany
Tel.: 06151-82699-0
mail@passiv.de
www.passivehouse.com

1. Edition January 2022

© 2022 Passive House Institute

**Traduction
PROPASSIF**

Champ d'application

Ce guide pour le confort d'été a été rédigé pour sensibiliser et aider les concepteurs de bâtiments à développer une stratégie estivale solide pour assurer le confort thermique tout au long de l'année.

Droits d'auteur et clause de non-responsabilité

Ce guide est publié par le Passive House Institute (PHI). Les copies électroniques ne peuvent être distribuées que sous leur forme complète et non modifiée. Les traductions ne sont autorisées qu'après accord écrit avec le PHI. Sauf indication contraire, tous les droits d'auteur des illustrations et des graphiques de ce rapport sont la propriété de l'ISP.

Ce guide a été rédigé avec le plus grand soin et au mieux des connaissances de l'auteur. Cependant, toute responsabilité quant à l'exactitude et l'exhaustivité du contenu, des données et en particulier pour tout dommage ou conséquence découlant de l'utilisation des informations présentées ici est donc exclue.

Remerciements

Ce guide a été réalisé dans le cadre du projet outPHit :



outPHit - Des rénovations profondes plus rapides, moins chères et plus fiables associe ces approches à la rigueur des principes passivhaus pour rendre les rénovations profondes rentables, plus rapides et plus fiables. Sur la base d'études de cas à travers l'Europe et en collaboration avec une grande variété de parties prenantes, outPHit s'attaque aux obstacles à l'adoption de rénovations profondes de haute qualité, tout en facilitant le développement de systèmes de rénovation à haute performance, d'outils de prise de décision et de garanties d'assurance qualité. outphit.eu



Ce projet a été financé par le programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne, dans le cadre de la convention de subvention n° 957175. Le contenu présenté relève de la seule responsabilité de l'auteur et ne reflète pas nécessairement les vues de l'Union européenne. Ni le CINEA ni la Commission européenne ne sont responsables de l'usage qui pourrait être fait des informations contenues dans ce document.