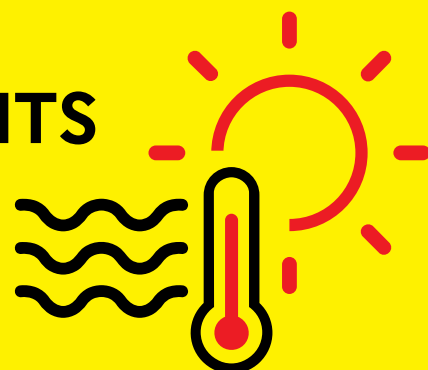




GOUVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*

AMÉLIORER LE CONFORT THERMIQUE DES BÂTIMENTS SCOLAIRES PENDANT LES VAGUES DE CHALEUR



Juin 2020

Ce guide a été élaboré par la cellule bâti scolaire du Ministère de l'éducation nationale et de la jeunesse et la coordination interministérielle du plan de rénovation énergétique des bâtiments rattachée au Ministère de la cohésion des territoires et des relations avec les collectivités territoriales et au Ministère de la transition écologique et solidaire avec la participation :

- Du service bâtiment de l'agence de la transition écologique (ADEME) ;
- Du département bâtiments durables du centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA) ;
- Des membres du groupe de travail animé par l'association Effinergie ;
- Des membres du groupe de travail dédié au confort d'été animé par la direction du numérique pour l'éducation du Ministère de l'éducation nationale et de la jeunesse ;
- De la direction générale de l'enseignement scolaire du ministère de l'éducation nationale et de la jeunesse ;
- De la direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages du ministère de la transition écologique et solidaire et du ministère de la cohésion des territoires et des relations avec les collectivités territoriales
- Du bureau de préparation aux crises du ministère des solidarités et de la santé ;
- Du secrétariat général de l'observatoire national sur les effets du réchauffement climatique.

Il s'adresse aux collectivités territoriales et aux propriétaires privés des écoles et établissements scolaires, ainsi qu'à leurs gestionnaires.

SOMMAIRE

Un contexte de vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses	4
Objet du guide	4
 LES PRINCIPAUX ENJEUX DU CONFORT THERMIQUE	 5
Les facteurs du confort thermique	5
Le cadre réglementaire	6
Les principes du confort thermique d'été passif	6
 LES ACTIONS À CONDUIRE POUR RÉDUIRE L'IMPACT DES VAGUES DE CHALEUR	 7
Les actions à réaliser avant les épisodes de vague de chaleur	7
Les actions de maintenance	7
Les dispositifs de protection solaire	7
L'isolation de l'enveloppe	9
Le traitement des parois extérieures	9
Les dispositifs de rafraîchissement actifs	10
La ventilation et l'aération des locaux	11
Le brassage d'air	13
Faire des espaces extérieurs de véritables îlots de fraîcheur	14
Les actions à réaliser pendant les vagues de chaleur	19
Établir un schéma de fonctionnement à mettre en œuvre pendant les vagues de chaleur	19
Consignes d'ordre général de gestion en période de vague de chaleur	19
 ÉVALUER LE CONFORT THERMIQUE D'UN BÂTIMENT PAR UN AUTO-DIAGNOSTIC	 20

Un contexte de vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses

Le dérèglement climatique s'accélère et ses impacts seront importants en France dans les prochaines années. Les vagues de chaleur, notamment, devraient être plus fréquentes et plus intenses. Elles devraient également être plus précoces dans la saison et impacter ainsi beaucoup plus le fonctionnement des écoles et des établissements scolaires dont le bâti n'est pas toujours conçu pour faire face à de telles situations.

Les difficultés d'accueil et de fonctionnement qui en découlent ne sont pas sans impacter la santé des enfants qui représentent une population particulièrement vulnérable à la chaleur, *a fortiori* lorsque celle-ci devient extrême. Les élèves de maternelle, en particulier, n'ont pas encore développé les capacités nécessaires pour réguler leur température corporelle et leur capacité d'adaptation comportementale est limitée¹.

Par ailleurs, la survenue plus précoce de vagues de chaleur peut également impacter l'organisation des épreuves du diplôme national du brevet et une partie de celles du baccalauréat. Or, le bon déroulement de ce dernier conditionne l'intégration de près de 800 000 élèves à l'enseignement supérieur.

Enfin, les vagues de chaleur peuvent également impacter le fonctionnement de l'ensemble de la société, les enfants ne pouvant plus être accueillis dans les écoles et établissements scolaires.

La problématique du confort d'été dans les écoles et les établissements scolaires devient donc un enjeu plus prégnant.

Objet du guide

L'objet de ce guide est de proposer un éventail de bonnes pratiques visant à améliorer le confort thermique pendant les vagues de chaleur, également appelé confort d'été, dans les écoles et établissements scolaires. Ces pratiques concernent les bâtiments et leurs installations ainsi que les comportements humains. Le guide présente aussi les principales modalités de gestion des bâtiments permettant de préparer et limiter l'impact des vagues de chaleur.

Il vise donc à améliorer les connaissances des propriétaires et des gestionnaires sur les solutions techniques, architecturales et comportementales qui permettent d'améliorer le confort d'été. Il cible les bâtiments existants, les préconisations émises pouvant néanmoins être reprises dans les opérations de construction. Les précédentes vagues de chaleur ont montré que toutes les régions pouvaient être concernées par cette problématique. Ce guide concerne donc l'ensemble des écoles et établissements scolaires du territoire français.

Ce document est composé :

- d'une première partie présentant les principaux enjeux du confort thermique ;
- d'une seconde partie présentant l'éventail de solutions pouvant être mises en œuvre ;
- d'une présentation des facteurs permettant d'évaluer la performance de chaque établissement en matière de confort d'été.

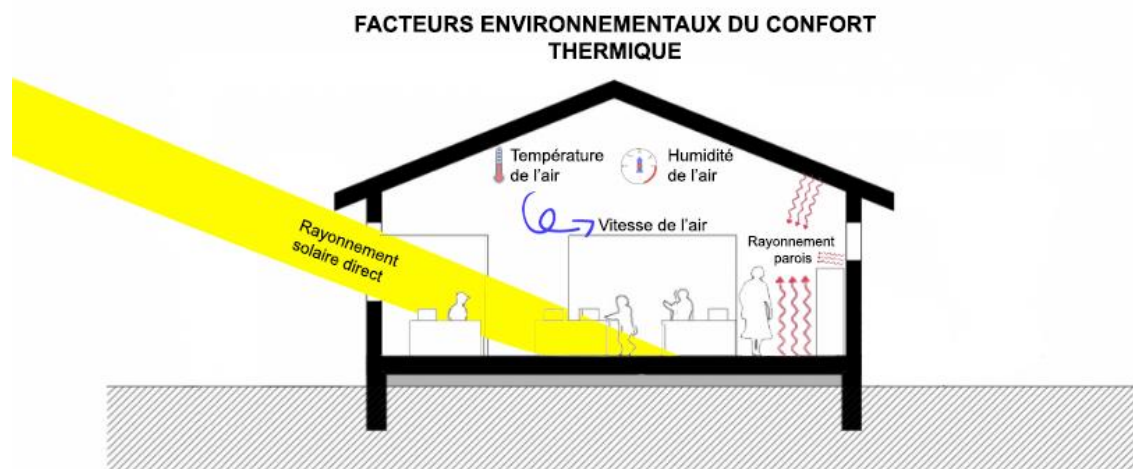
¹ <https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=844>

LES PRINCIPAUX ENJEUX DU CONFORT THERMIQUE

Les facteurs du confort thermique

Le confort thermique dépend :

- de facteurs propres à chaque individu :
 - **la chaleur issue du métabolisme**, qui est fonction de la personne, de son activité, de son état de santé ou encore de son état psychologique. Par exemple, la chaleur émise par 30 élèves présents en permanence dans une salle de classe équivaut à celle émise par un radiateur de 3 000 W² ;
 - **l'habillement**, qui joue de manière importante sur les échanges thermiques entre le corps humain et son environnement immédiat ;
 - **le délai d'adaptation à la chaleur**, le corps ayant besoin de plusieurs heures pour s'adapter à des changements des conditions environnantes.
- de facteurs liés à l'environnement:
 - **la température ambiante de l'air et son humidité relative (aussi appelée hygrométrie)** : la peau régulant plus facilement la température de l'air sec que de l'air humide, plus l'air est sec et plus on supporte des températures élevées. Pour le confort d'été, il peut être considéré qu'une température d'air comprise entre 24°C et 27°C et une humidité relative de 30 % à 70% sont des valeurs satisfaisantes ;
 - **la vitesse de l'air** : elle influe sur les échanges de chaleur entre le corps humain et l'air ambiant et sur les mécanismes d'évapotranspiration au niveau de la peau. Plus l'humidité relative de l'air est importante, plus les mouvements d'air doivent être importants pour permettre au corps humain de se rafraîchir ;
 - **le rayonnement solaire direct sur l'occupant (ombre/soleil)** : en été, à proximité des fenêtres mal protégées, le rayonnement solaire direct peut s'avérer être une source d'inconfort très important ;
 - **la température des parois opaques et vitrées (appelée aussi température rayonnante)** : lorsqu'une paroi est plus chaude que le corps, elle rayonne vers lui, produisant une sensation de chaleur. Cette température est très importante dans la sensation de confort ou d'inconfort thermique et elle est souvent sous-estimée.



² À titre d'illustration, un radiateur de 3 000 W permet de chauffer convenablement une pièce de 30 m².

Le cadre réglementaire

Les collectivités territoriales sont soumises, comme les acteurs privés, à des obligations réglementaires concernant les bâtiments existants.

Ces obligations couvrent tout d'abord la nécessité de connaître les consommations et émissions de CO₂ : bilan carbone pour les collectivités de plus de 50 000 habitants, diagnostic de performance énergétique (DPE) pour les établissements recevant du public (ERP) relevant de la première à la quatrième catégories (avec affichage obligatoire).

La réglementation impose, en outre, de réaliser des travaux concourant à la réduction de consommation et à l'amélioration du confort d'été à l'occasion d'autres travaux de rénovation du bâti, soit en raison de leur importance relative, soit du fait qu'ils touchent à l'enveloppe du bâtiment (ravalement des façades, réfection de l'étanchéité, etc.).

Enfin, et surtout, les bâtiments de plus de 1 000 m² sont désormais soumis au décret tertiaire qui fixe des obligations de réduction de la consommation d'énergie finale de 40 % en 2030, 50 % en 2040 et 60 % en 2050 ; il s'agit de la principale mesure prise dans ce domaine pour mettre notre pays sur la trajectoire de la neutralité carbone.

Ce cadre invite les collectivités territoriales et les opérateurs privés à privilégier les dispositions passives pour améliorer le traitement du confort d'été.

Les principes du confort thermique d'été passif

Le mode passif en saison chaude est basé sur l'ombrage, le rafraîchissement nocturne et la minimisation des apports internes.

La réduction de l'inconfort thermique d'un bâtiment en période de forte chaleur est ainsi basée sur les règles suivantes :

- **réduire les apports solaires** tout en garantissant des apports d'éclairage naturel suffisants tout le long de l'année ;
- **confiner les locaux pendant les heures les plus chaudes** tout en veillant à ventiler suffisamment pour assurer une qualité de l'air satisfaisante ;
- **rafraîchir le bâtiment par une large ouverture des fenêtres pendant la nuit et en début de matinée** ;
- **réduire les apports de chaleur internes** non indispensables à l'activité.

L'ombrage est apporté par l'environnement du bâtiment (en particulier la végétation) et par les protections solaires des fenêtres. L'isolation des parois constitue aussi un moyen de réduire les apports solaires mais l'effet de confinement doit être compensé par le rafraîchissement nocturne. Ainsi, l'ouverture des fenêtres joue un rôle essentiel dans la régulation des échanges d'air entre l'extérieur et l'intérieur des bâtiments. Il s'agit de maximiser ces échanges lorsque la température extérieure est inférieure à la température intérieure (généralement la nuit et en début de matinée) et au contraire de les minimiser dans la situation inverse (généralement en journée). L'objectif est de rafraîchir l'air intérieur mais aussi les murs du bâtiment. Ainsi il est préférable de ventiler la nuit plutôt que le matin pour permettre un abaissement significatif de leur température.

La mise en œuvre de ces principes implique une adaptation des pratiques d'utilisation du bâtiment en période de forte chaleur.

Des observations seront présentées dans le présent guide lorsque des mesures doivent être adaptées, voire proscrites, dans un contexte épidémique.

LES ACTIONS À CONDUIRE POUR RÉDUIRE L'IMPACT DES VAGUES DE CHALEUR

Les actions à réaliser avant les épisodes de vague de chaleur

Les actions de maintenance

Il est nécessaire de vérifier périodiquement et avant les épisodes de vague de chaleur le bon fonctionnement des installations de ventilation mécanique. Lorsque cela est possible, leur paramétrage doit également permettre un mode de surventilation nocturne.

Pour les écoles et établissements scolaires dotés d'un dispositif de rafraîchissement de l'air, il convient de mener des actions de maintenance et de vérification du bon fonctionnement avant l'été. Les consignes suivantes peuvent être retenues : température supérieure à 26°C en limitant l'écart avec la température extérieure à 7°C et la durée d'utilisation aux périodes d'occupation des locaux.

Dans le cas des bâtiments ventilés uniquement par l'ouverture des fenêtres et des portes, il convient de vérifier le bon fonctionnement des ouvrants.

Le bon fonctionnement des dispositifs d'occultation des fenêtres (volet, stores) doit également être assuré.

Les dispositifs de protection solaire

Le vitrage est le plus mauvais rempart au rayonnement solaire ; il le laisse entrer dans le bâtiment et l'empêche d'en ressortir. Certains vitrages, plus ou moins réfléchissants, plus ou moins foncés, limitent cet effet de serre au détriment cependant de l'apport de lumière naturelle.



Stores extérieurs en toile

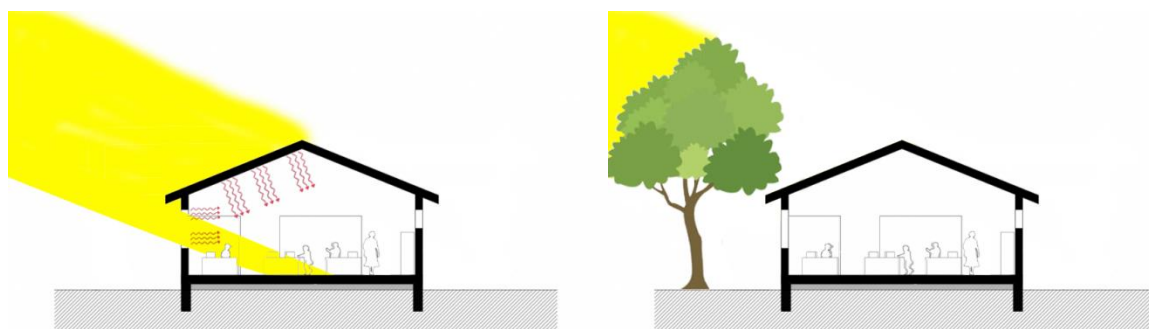
Il est important d'apporter de la modulation dans la fonction de protection solaire, que ce soit par des dispositifs mobiles (voire saisonnier) ou des dispositifs architecturaux fixes qui ne dégradent pas trop les apports solaires et lumineux en hiver.

Toujours sur les principes fonctionnels, il est important de distinguer la fonction d'occultation vis-à-vis des apports lumineux de la fonction de protection solaire. En effet, l'occultation est nécessaire pour protéger les tableaux de la réverbération et pour créer un contraste suffisant pour les écrans de projection vis-à-vis de l'éclairage naturel. Cette fonction est, en règle générale, assurée par des rideaux intérieurs. **Ces rideaux ne constituent aucune protection solaire** quand ils ne génèrent pas un plus grand inconfort (augmentation de l'effet de serre et surchauffe des systèmes de protection solaire). De plus, dans la pratique, ils constituent une gêne pour la mise en œuvre du rafraîchissement nocturne par une ouverture des fenêtres.

Il est donc nécessaire de prévoir des dispositifs de protection solaire **extérieurs** en priorité sur les façades est et ouest des bâtiments qui captent environ deux fois plus d'apport solaire que la façade sud dans la période de l'année concernée par les vagues de chaleur. Pour ces orientations, les dispositifs de protection à privilégier sont les volets voire les stores continus qui doivent être de couleur claire et disposés à l'extérieur des façades. Les volets roulants pourront être projetables ou disposer d'ajours afin de laisser passer la lumière et éviter ainsi le recours à l'éclairage artificiel qui contribuerait au réchauffement de la pièce. Il est également souhaitable de protéger la façade sud, de préférence par des dispositifs fixes (auvent ou brise-soleil horizontal) dont l'avancée et la quantité de lames permettra de protéger les façades en été et de laisser passer le soleil l'hiver, pour réduire les besoins en énergie. Les brise-soleil horizontaux pourront être mobiles et/ou orientables pour ajuster l'occultation et le niveau d'éclairage naturel en fonction des conditions. Les protections de type « casquette » au-dessus des fenêtres n'ont aucune utilité sur les façades est et ouest, et un impact limité sur la façade sud. Les protections solaires doivent permettre d'occulter le vitrage en quasi-totalité (lames orientables devant les fenêtres et non dessus).

Il est également possible de mettre en place des films de protection solaire à l'extérieur des vitrages. Toutefois, plus ils sont efficaces et plus ils empêchent l'éclairage naturel des locaux.

Enfin, la protection des façades peut être assurée par l'environnement immédiat et, notamment, par les arbres (caducs pour bénéficier des apports solaires en hiver) ou de la végétation grimpante en double peau sur treillage qui ont l'avantage de ne pas entraver la circulation de l'air et contribuent à son rafraîchissement par leur évapotranspiration.



En résumé, le choix des dispositifs de protection solaire doit permettre :

- **d'occulter** quasi totalement le vitrage **en été** (en maintenant un éclairage naturel) ;
- **d'égager** totalement le vitrage **en hiver** ;
- **d'assurer la circulation de l'air** quand les fenêtres sont ouvertes ;
- **de protéger les ouvertures** contre l'intrusion pour permettre la surventilation nocturne.

Ces dispositifs peuvent aussi assurer le rôle de protection des ouvertures contre l'intrusion mais cette fonctionnalité ne doit pas entraver les débits de ventilation nocturne.

Les dispositifs mobiles permettent d'optimiser la protection et l'éclairage naturel en fonction de la course du soleil ; le pilotage de ses installations doit être prévu.

L'isolation de l'enveloppe



Un bâtiment présentant un bon niveau d'isolation des parois exposées au rayonnement solaire et une bonne inertie thermique sera beaucoup moins exposé aux problèmes de surchauffe en été car il aura la capacité de conserver la fraîcheur intérieure (sous réserve de veiller à une ventilation des locaux lorsque l'air extérieur est plus frais).

Il est donc nécessaire de prévoir l'isolation des parois dans les opérations d'entretien des bâtiments, notamment de ravalement des façades et de rénovation des toitures. Compte tenu de la forte exposition des toitures, des actions spécifiques d'isolation des combles auront un impact important. Il est recommandé d'utiliser des matériaux isolants introduisant un fort déphasage thermique (par exemple la laine de bois), particulièrement efficaces lorsque les nuits sont fraîches. L'utilisation de produits bio-sourcés permet d'améliorer le bilan global d'émissions en GES, d'autant plus si ces matériaux sont produits et exploités localement et issus de forêts gérées de façon durable le cas échéant. La ventilation des combles ou d'un faux plafond en comble permet également de diminuer la surchauffe du dernier étage.

De plus, l'isolation des combles contribuera également à réduire significativement les consommations énergétiques pendant la période de chauffage.

L'amélioration de l'isolation de l'enveloppe permet également d'avoir un meilleur confort acoustique dans les locaux.

Le traitement des parois extérieures

La nature des matériaux et la couleur des parois ont un impact important sur le rayonnement solaire absorbé qui sera transmis sous forme de chaleur dans les locaux. Ainsi, il convient de privilégier les couleurs claires pour les parois extérieures et des matériaux réfléchissants sur les toitures plates (pour éviter l'inconfort visuel).

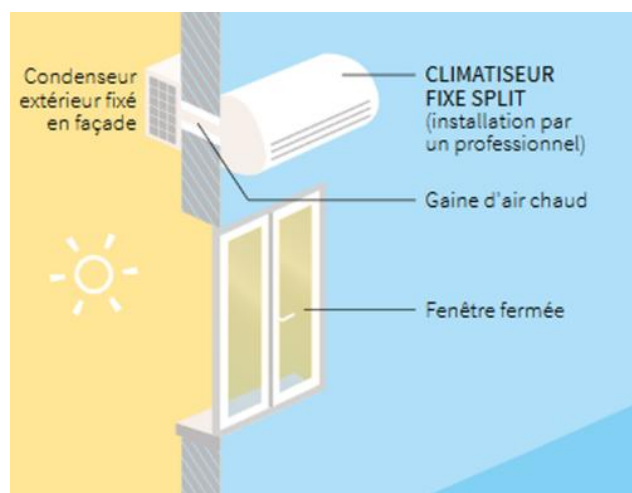
Des actions de remise en peinture ou de blanchiment des façades permettent d'améliorer le confort d'été dans les bâtiments. De même, la mise en place de dispositifs de protection ou réfléchissants en toiture ou encore leur blanchiment permettra d'améliorer le confort d'été, notamment dans les étages supérieurs.



Façade de l'école
de Notre Dame de Riez

Les dispositifs de rafraîchissement actifs

Il peut être intéressant de prévoir dans chaque école et établissement scolaire une pièce équipée d'un dispositif de rafraîchissement permettant d'accueillir les personnes qui souffrent de la chaleur. Il serait pertinent de retenir les espaces fermés dont la surface est importante, comme les réfectoires ou encore les halls d'accueil, afin de pouvoir accueillir un grand nombre d'élèves et/ou de prévoir un roulement des classes dans cette pièce afin de permettre aux organismes de baisser en température à un moment de la journée et de limiter les impacts d'une exposition à de fortes chaleurs sur la durée. **L'utilisation d'un espace rafraîchi doit être compatible avec la stratégie de limitation du brassage des élèves en période d'épidémie.** Dans ce contexte, il est souhaitable de privilégier le rafraîchissement des locaux en l'absence des élèves et de veiller à un renouvellement fréquent de l'air.



Le choix des équipements pourra s'orienter vers des systèmes faciles à mettre en œuvre comme les systèmes splits qui pourront être privilégiés aux systèmes monoblocs en raison de leur plus grande efficacité énergétique et d'un meilleur confort acoustique. Les systèmes multi-splits ou gainables pourront être retenus pour les surfaces importantes. Le choix pourra également se porter sur des systèmes Inverter qui permettent également d'avoir une plus grande efficacité énergétique.

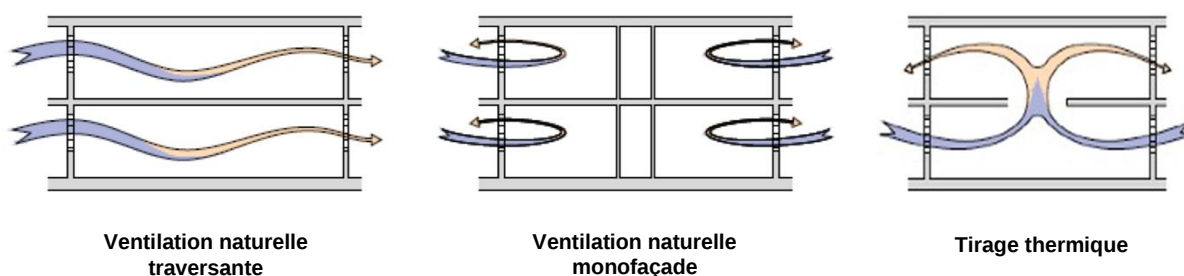
LA CLIMATISATION INVERTER

Cette technologie permet au climatiseur d'adapter sa vitesse en fonction de la température ambiante, ce qui évite la succession de démarrages et d'arrêts du compresseur d'un climatiseur classique. L'économie d'énergie peut atteindre 30 % (pour un climatiseur Inverter de classe A). De plus, la fluctuation autour de la température programmée peut atteindre $\pm 2^\circ\text{C}$ pour un climatiseur classique, alors qu'elle est seulement d'environ $\pm 0,5^\circ\text{C}$ pour un climatiseur Inverter. L'ensemble des systèmes de climatisation mis sur le marché aujourd'hui en sont équipés.

Si l'ambition est de couvrir une partie importante des locaux, alors il conviendra de retenir des systèmes centralisés et de privilégier des sources durables (air du sol ou du sous-sol, réseaux d'eau usée, géothermie, etc.). Le développement de réseaux de froid, notamment en zone urbaine dense, peut permettre d'optimiser les coûts.

La ventilation et l'aération des locaux

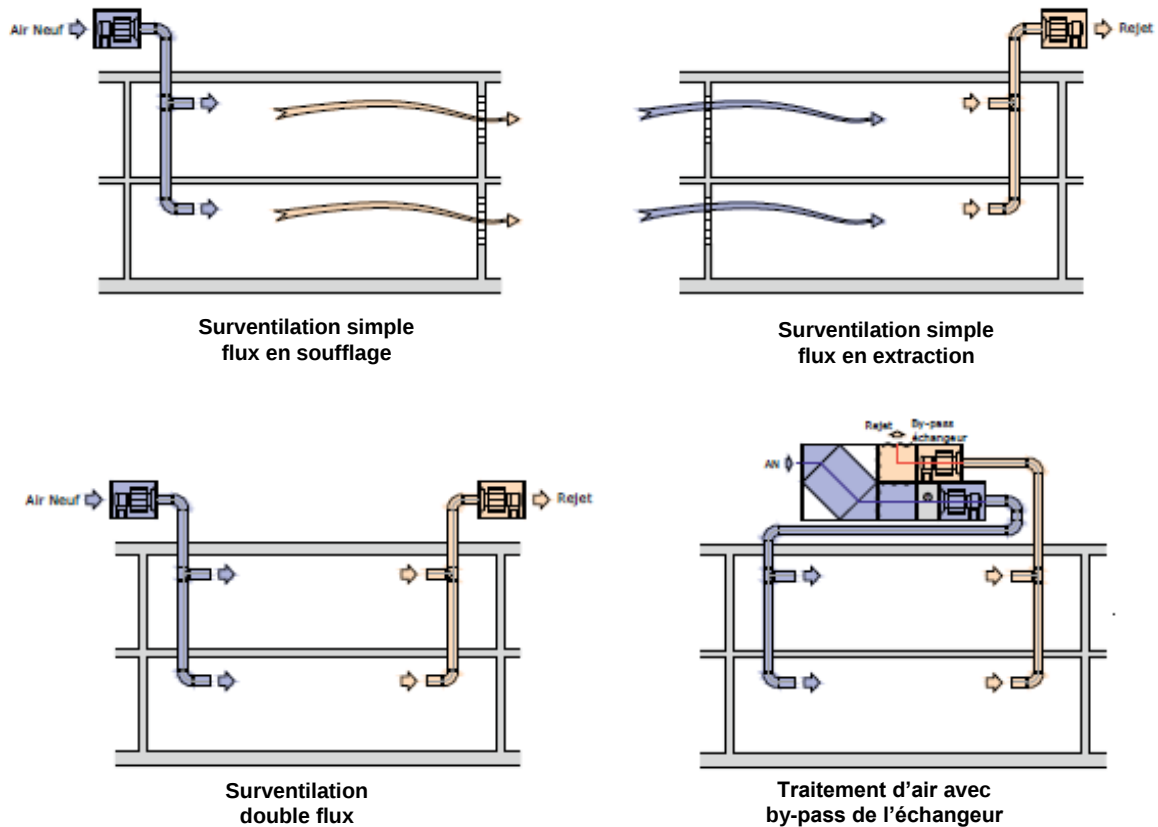
Un des principaux enjeux de la gestion des vagues de chaleur est de réguler les échanges d'air entre l'extérieur et l'intérieur des bâtiments. Il s'agit de les minimiser lorsque la température extérieure est supérieure à la température intérieure (généralement en journée) et, au contraire, à les maximiser dans la situation inverse (généralement la nuit et en début de matinée). **À ce titre, la ventilation joue un rôle essentiel.**



L'aération, qui est une action humaine qui complète la ventilation assurée par un système et qui se traduit par l'ouverture des ouvrants, doit également être accentuée lors de périodes de température plus fraîche à l'extérieur par rapport à l'intérieur (la nuit en général). De plus, cette action de renouvellement d'air est bénéfique pour assainir l'air, notamment suite à une utilisation prolongée par un grand nombre d'élèves. Il est également souhaitable d'équiper les ouvrants de dispositifs de modulation de l'ouverture pour limiter les échanges d'air en journée tout en permettant une surventilation nocturne. Il peut également être nécessaire d'adapter la sécurisation des bâtiments pour permettre cette ventilation nocturne, notamment au niveau des ouvrants en rez-de-chaussée voire au premier étage (fenêtres oscillo-battantes, impostes en partie haute ouvrables suivant le principe de l'oscillo-battant).

Dans le cas des locaux disposant d'une ventilation mécanique, il convient de vérifier le bon fonctionnement de la ventilation et de faire mesurer les débits pour maintenir une bonne qualité d'air (santé des occupants et limitation du confinement et de l'exposition au CO_2 afin d'améliorer la concentration intellectuelle) et pouvoir éviter l'ouverture des ouvrants en journée. Il conviendra également de prévoir un mode de surventilation nocturne.

La surventilation nocturne peut avoir lieu dès que la température extérieure devient inférieure d'environ 3°C à la température intérieure, mais il est recommandé de la couper si la température intérieure s'abaisse trop et crée un inconfort à l'entrée des occupants le matin. Ceci nécessite souvent une automatisatisation.



Différentes solutions de surventilation nocturne existent :

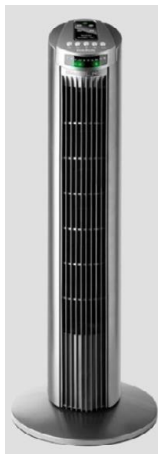
- recours à des ouvrants (grilles, fenêtres, etc.) avec des dispositifs anti-intrusion et des protections contre les intempéries. Dans les locaux de grands volumes (gymnases, atriums, auditoriums, etc.) prévoir des ouvertures hautes et basses ;
- augmentation des débits de ventilation pour les locaux ventilés mécaniquement. La fonction surventilation doit être prévue dès la conception et les réseaux dimensionnés en la prenant en compte. De nombreuses centrales double-flux et centrales de traitement d'air (CTA) disposent de cette fonction dans leur régulation. Les services de maintenance doivent s'assurer du bon réglage des paramètres de déclenchement et prévoir un remplacement plus fréquent des filtres en période de surventilation. Dans les grands bâtiments, il est recommandé que la surventilation soit zonée pour que la situation de la sonde de température qui déclenche ou arrête cette dernière soit représentative de la zone considérée et pour respecter les cantonnements de sécurité incendie lorsqu'il y en a.

Davantage d'éléments relatifs à la surventilation sont disponibles sur le guide Ademe issu du projet FREEVENT dédié à ce sujet³.

³ <https://www.ademe.fr/surventilation-confort-dete>

Le brassage d'air

La circulation de l'air permet d'améliorer le confort des occupants. À ce titre, il convient néanmoins de sensibiliser les occupants et les gestionnaires sur le fait qu'**une ouverture des fenêtres alors que la température extérieure est plus importante que la température intérieure va améliorer très provisoirement le confort mais va contribuer à réchauffer l'air intérieur et les matériaux et dégrader, *in fine*, durablement le confort thermique.**



Les brasseurs d'air à longues pâles profilées permettent de mettre en mouvement des quantités d'air importantes, à faible vitesse, sans création de jet d'air gênant pour les personnes. Ils augmentent ainsi le confort des personnes lors de fortes chaleurs en facilitant les mécanismes d'évapotranspiration. Il est recommandé de les faire fonctionner à faible vitesse. Ils ne peuvent être mis en place que lorsque la hauteur sous plafond est supérieure ou égale à 2,5 m.

Le ventilateur bidirectionnel (portatif ou mural) est un moyen palliatif, mais souvent appréciable, pendant les très chaudes journées. Les versions portatives sont utiles car facilement transportables. Le mouvement d'air créé doit être ressenti par l'occupant. Il est inutile et même nuisible de brasser l'air dans des endroits de passage (comme les couloirs) : la consommation énergétique du ventilateur finit par se transformer en chaleur sans produire d'amélioration du confort. Il est néanmoins nécessaire de veiller à ne pas générer un brassage de la poussière et d'être vigilant quant à l'apparition de pathologies (maux de gorge, de tête ou raideurs musculaires).

L'utilisation des dispositifs de brassage d'air n'est pas recommandée en période d'épidémie.

Faire des espaces extérieurs de véritables îlots de fraîcheur

Traitement des revêtements

Il convient de limiter la minéralisation des espaces extérieurs et, notamment, des cours de récréation. Les revêtements bitumineux peuvent être remplacés par des revêtements perméables et de couleur claire ou des espaces en pleine terre. La végétalisation des espaces permet également d'éviter que les rayons solaires n'atteignent les surfaces minérales.



La végétalisation



La végétation absorbe le rayonnement solaire sans restituer de calories. Au contraire, l'évapotranspiration de l'eau qu'elle contient et l'évaporation de celle contenue dans le sol participent à rafraîchir l'air. Cependant, afin d'avoir un réel effet, les végétaux ont besoin d'un apport en eau suffisant. Ainsi, il est préférable de choisir des essences qui peuvent développer leur système racinaire pour aller puiser l'eau en profondeur ou celles qui ont des feuilles aptes à retenir l'eau et qui sont donc plus intéressantes pour le rafraîchissement. Cette végétalisation permet, par ailleurs, d'introduire de la biodiversité en ville et à l'école, tout en constituant un support pédagogique changeant selon les saisons.

Une simple vigne vierge constitue un matelas ventilé qui empêche la façade de s'échauffer, lorsque la nature des matériaux le permet, tout comme la végétalisation d'une toiture la protège de l'échauffement.

L'arbre possède toutes ces qualités, en contribuant au rafraîchissement tout en portant ombre pour éviter l'échauffement des surfaces minérales et en protégeant les baies vitrées. À l'inverse, en hiver, un arbre à feuilles caduques permettra aux rayons de soleil de pénétrer à travers les baies vitrées et de chauffer naturellement les locaux.

Il convient toutefois de choisir des essences adaptées au climat local (et au microclimat) ainsi qu'au climat futur, et d'écartier les espèces les plus allergènes de même que celles nécessitant un entretien important. De même, la nature du système racinaire doit être compatible avec l'implantation des bâtiments.

La végétalisation peut s'inscrire dans une démarche plus globale de non artificialisation des sols. Dans le cadre du projet « MUSE », un accompagnement des collectivités est proposé aux collectivités qui s'inscrivent dans cette démarche.

Création de zones ombragées



Il convient de prévoir des zones ombragées en surface suffisante pour accueillir les élèves. Dans l'idéal, l'ombre sera assurée par les végétaux. Il est néanmoins possible de mettre en place des structures fixes ou amovibles, notamment pour couvrir les zones les plus occupées.



Gestion de l'eau



Lorsqu'il fait très chaud, la chose la plus importante à faire est, d'abord, de boire beaucoup d'eau, et fréquemment. Il convient donc de s'assurer du bon fonctionnement des installations et de sécuriser la continuité de l'approvisionnement avant les périodes propices aux vagues de chaleur. L'eau est également un élément régulateur de la température, qu'elle soit présente en masse grâce à son inertie ou en dispersion (brumisateurs, etc.). Le rafraîchissement d'une cour par aspersion d'eau est efficace à condition qu'il y ait une bonne circulation d'air associée (pour éviter la chaleur humide plus difficile à supporter). Cette utilisation risque néanmoins de connaître des restrictions dans des contextes de pénurie d'eau. Il convient de privilégier des dispositifs avec circulation d'eau : noue, bassin de très faible profondeur (type miroir d'eau de Bordeaux). **Seuls les dispositifs de brumisation avec un flux descendant peuvent être utilisés dans un contexte d'épidémie.**



Bilan des actions identifiées

Les solutions présentées dans le présent guide pour améliorer le confort thermique pendant les vagues de chaleur sont donc les suivantes :

- s'assurer de la bonne ouverture des fenêtres (notamment pour les bâtiments aérés naturellement) ;
- s'assurer du bon fonctionnement de la ventilation lorsqu'elle est mécanisée, faire contrôler les débits, veiller au bon entretien (nettoyage des conduits, remplacement des filtres, etc.) ;
- s'assurer du bon fonctionnement du mode de « surventilation » lorsque la température extérieure est inférieure à la température intérieure (généralement la nuit et le matin), vérifier sa régulation (mise en route et arrêt) ou prévoir un tel mode de fonctionnement ;
- s'assurer du bon fonctionnement des dispositifs d'occultation existants (volets, stores, autres) ;
- prévoir des dispositifs de brassage d'air ;
- mettre en place des dispositifs occultants sur les façades est et ouest en privilégiant les stores ou les volets extérieurs, ou, le cas échéant, vérifier leur bon fonctionnement ;
- Mettre en place des dispositifs occultants sur la façade sud en privilégiant les dispositifs fixes ou les stores et volets extérieurs, ou, le cas échéant, vérifier leur bon fonctionnement ;
- mettre en place une salle refuge bénéficiant d'un système de rafraîchissement (en privilégiant les espaces fermés de surface importante) ;
- réduire la part de revêtements bitumineux et de couleur sombre dans les espaces extérieurs ;
- développer la végétalisation des espaces extérieurs en choisissant des essences adaptées au rafraîchissement, au contexte local et aux évolutions climatiques à venir ;
- créer des zones d'ombres à l'extérieur ;
- mettre en place des dispositifs de dispersion d'eau (brumisateurs) lorsque le contexte hydrique le permet ;
- isoler les toitures et les combles ;
- peindre les toitures (et les parois extérieures) en couleur claire ;
- isoler les façades.

Plusieurs de ces mesures relèvent des opérations de maintenance habituelles. D'autres peuvent être embarquées dans les opérations de gros entretien et de renouvellement des bâtiments ou encore dans la stratégie de rénovation énergétique du patrimoine.

Les actions à réaliser pendant les vagues de chaleur

Établir un schéma de fonctionnement à mettre en œuvre pendant les vagues de chaleur

Il est nécessaire d'identifier en amont les consignes à formuler aux gestionnaires et aux personnels en fonction des caractéristiques des établissements. Elles peuvent s'articuler autour des points suivants :

- maintenir les dispositifs occultants (stores, volets, etc.) en position fermée lorsque la façade est ensoleillée ;
- limiter l'ouverture des fenêtres en présence d'élèves au seul renouvellement hygiénique de l'air s'il n'y a pas de système de ventilation ; dans le cas d'une ventilation naturelle, le renouvellement hygiénique de l'air peut être obtenu par une ouverture de courte durée des fenêtres (entre cinq et dix minutes)⁴ ;
- permettre le rafraîchissement nocturne par l'ouverture des fenêtres en cas de ventilation naturelle ;
- en cas de ventilation mécanique, prévoir ou vérifier le mode de surventilation nocturne et assurer un remplacement plus fréquent des filtres ;
- définir les modalités d'utilisation de la salle « refuge », le cas échéant, et configurer le fonctionnement du rafraîchissement ;
- configurer le fonctionnement des dispositifs de rafraîchissement, le cas échéant ;
- définir les modalités d'utilisation des ventilateurs de brassage d'air ;
- identifier les locaux les plus exposés et ceux qui le sont le moins, et adapter l'organisation et l'utilisation des espaces en fonction (en intégrant les espaces extérieurs à la réflexion).

Consignes d'ordre général de gestion en période de vague de chaleur

Les actions conduites sur le bâtiment viennent en complément des consignes générales qui demeurent essentielles, notamment les suivantes :

- sensibiliser les parents à la nécessité d'adapter l'habillement des élèves, de prévoir des casquettes et des lunettes de soleil, et, si nécessaire, de mettre, avant l'école, de la crème solaire sur les parties du corps exposées ;
- faire boire régulièrement les élèves et les inviter à mouiller leur peau ;
- réduire les activités physiques et supprimer les sorties aux heures les plus chaudes ;
- adapter l'alimentation afin de prévenir la déshydratation ;
- veiller aux conditions de stockage des aliments ;
- avoir une vigilance particulière envers les personnes et élèves connus comme porteurs de pathologies respiratoires ou en situation de handicap ;
- s'il y a prise de médicaments, vérifier les modalités de conservation et les effets secondaires en demandant un avis auprès des médecins et infirmiers de l'éducation nationale.

Il convient par ailleurs d'être attentif à tout signe de dégradation de la santé (grande faiblesse, grande fatigue, étourdissements, vertiges, troubles de la conscience, nausées, vomissements, crampes musculaires, etc.) et de sensibiliser les personnels au contact des élèves aux risques, au repérage des troubles pouvant survenir, ainsi qu'aux mesures de prévention et de signalement à mettre en œuvre.

Les comportements à adopter pourront faire l'objet d'un affichage, par exemple dans les salles de classe et dans la cantine, pour informer les personnels et les élèves.

⁴ En période d'épidémie, l'aération doit être fréquente et, *a minima*, de 10 minutes.

ÉVALUER LE CONFORT THERMIQUE D'UN BÂTIMENT PAR UN AUTO-DIAGNOSTIC

Les principaux facteurs permettant d'évaluer le confort d'été sont :

- les modalités de rafraîchissement des locaux par climatisation (+++) ;
- l'organisation des locaux et, en particulier, leur exposition (à titre d'exemple, un bâtiment avec un couloir longeant la façade sud et des salles de classe donnant sur la façade nord bénéficiera d'un meilleur confort d'été que dans la situation inverse) (++) ;
- la part de vitrage de chacune des façades et notamment des façades les plus exposées (++) ;
- les protections solaires des façades et notamment des façades les plus exposées (stores, volets, films solaires ou ombre portée) (++) ;
- le niveau d'isolation, la nature et la couleur des toitures (++) ;
- les protections solaires des toitures (végétalisation, dispositifs réfléchissants) (++) ;
- la part de locaux bénéficiant d'un dispositif de rafraîchissement (++) ;
- la part de surface extérieure végétalisée (++) ;
- la capacité des surfaces extérieures ombragées (++) ;
- la présence et la capacité d'une salle « refuge » (+) ;
- le niveau d'isolation, la nature et la couleur des parois opaques des façades (+) ;
- le mode de ventilation des locaux (+) ;
- la présence de dispositifs de brassage de l'air (+) ;
- la nature et la couleur des revêtements extérieurs (+).

Il convient donc d'analyser chacun de ces facteurs pour évaluer le confort d'été d'un bâtiment existant. Il est à noter que tous ces facteurs n'ont pas le même poids dans l'analyse ; à titre d'exemple, un bâtiment dont les locaux bénéficient d'un dispositif de rafraîchissement pourra proposer un excellent confort d'été indépendamment des autres facteurs. Ces facteurs sont à analyser, également, en prenant en compte les conditions climatiques du lieu (humide/sec, nuits fraîches ou non) pour retenir les plus pertinents d'entre eux.

POUR ALLER PLUS LOIN

Devenir une éco-école, un éco-collège ou un éco-lycée : <https://www.ademe.fr/expertises/developpement-durable/education-developpement-durable/lancer-demarche-developpement-durable-sein-etablissement/devenir-eco-ecole-eco-college-eco-lycee>

Guide grand public « clés pour agir » : « Chaud dehors, frais dedans. Garder son logement frais en été » : <https://www.ademe.fr/chaud-dehors-frais-dedans>

Aménager avec la nature en ville - Des idées préconçues à la caractérisation des effets environnementaux, sanitaires et économiques : <http://www.ademe.fr/amenager-nature-ville>

ADEME & Vous n° 11 « S'adapter au changement climatique mode d'emploi » : <https://www.ademe.fr/ademe-mag-ndeg117>

Des fiches détaillées relatives au confort d'été dans les bâtiments scolaires sont également disponibles via les liens suivants :

<https://archiclasse.education.fr/Typologie-4-le-confort-d-ete>

<https://archiclasse.education.fr/Fiche-5-le-confort-d-ete-a-l-ecole>