



LE CONFORT D'ÉTÉ

Fiche élaborée par Olivier Sidler, directeur, bureau d'études Enertech.

PRÉAMBULE

Les bâtiments à très basse consommation semblent atteints d'un mal nouveau : le confort d'été n'est pas leur vertu principale, alors qu'en apparence, hormis les épaisseurs d'isolant, rien n'a fondamentalement changé dans la manière de concevoir les bâtiments au regard de leur fonctionnement estival. C'est comme s'ils étaient désormais perturbés par un phénomène nouveau.

Pour quelles raisons observe-t-on effectivement ces surchauffes et comment s'en prémunir ? Faut-il ou non envisager de climatiser tous les bâtiments ? Telles sont les questions qui se posent aujourd'hui aux concepteurs.

SOMMAIRE

- 1 - QUELQUES RAPPELS SUR LE MÉTABOLISME HUMAIN ET LA NOTION DE CONFORT**
- 2 - LES CONDITIONS DU CONFORT HUMAIN**
- 3 - LES RAISONS DE L'INCONFORT ESTIVAL DES BÂTIMENTS**
- 4 - LE RÔLE DE L'INERTIE THERMIQUE DANS LE CONFORT D'ÉTÉ**
- 5 - LES STRATÉGIES POUR AMÉLIORER LE CONFORT D'ÉTÉ DANS LES BÂTIMENTS**
- 6 - QUEL RÔLE POUR LES MATÉRIAUX À CHALEUR LATENTE ?**
- 7 - ET LA CLIMATISATION ?**
- 8 - LES OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES DU CONCEPTEUR**

1 - QUELQUES RAPPELS SUR LE MÉTABOLISME HUMAIN ET LA NOTION DE CONFORT

Le corps humain est une formidable machine thermique : à partir d'aliments d'origines très variées, elle maintient dans le corps une température quasi constante de 37°C, et elle le fait avec une précision à faire rougir le meilleur des climaticiens : car cette régulation s'opère au dixième de degré ! Il faut dire que la marge de manœuvre est relativement restreinte et que le service de maintenance (la médecine !) a intérêt à être réactif. Car si la température de la machine humaine dérive trop et qu'elle dépasse de seulement 4°C sa consigne... c'est la mort.

Le corps est soumis aux lois de la physique ordinaire et c'est donc un corps « chaud » qui échange avec son milieu : par rayonnement avec les parois du local dans lequel il se trouve, ou par convection avec l'air qui l'entoure. Mais le corps a un joker. S'il a vraiment trop chaud et qu'il n'échange plus assez avec son milieu environnant, sa température risque d'augmenter dangereusement. Il trouve alors une parade : la transpiration. En transpirant, le corps expulse

de la vapeur d'eau, c'est-à-dire, en réalité, de l'énergie. Dans un corps trempé de sueur, l'homme est alors toujours en vie car sa température n'a pas augmenté. Mais survie ne signifie pas pour autant confort !

Le confort que chacun perçoit est fonction de très nombreux paramètres. Les quatre principaux, à l'intérieur des bâtiments, sont la température sèche de l'air (celle qu'indique le thermomètre), la température des parois du local, la vitesse de l'air et le degré hygrométrique. Ce dernier traduit la capacité de l'air ambiant à absorber plus ou moins de vapeur d'eau. Une hygrométrie de 30 % caractérise un air relativement avide d'eau. En revanche, de l'air à 80 % d'hygrométrie est proche de la saturation : il ne peut plus absorber de vapeur d'eau. Le séchage du linge sera rapide si l'hygrométrie est de 30 %, mais plus problématique si elle est de 80 %. De même, si l'hygrométrie est de 30 %, transpirer n'est pas inconfortable car la transpiration s'évapore immédiatement, alors que si l'hygrométrie atteint 80 %, la sensation de moiteur est insupportable (on « colle » en permanence) parce que la transpiration n'est pas éliminée au fur et à mesure qu'elle est produite.

Quant à la vitesse de l'air sur le corps, chacun en connaît l'effet. Physiquement, cela augmente les échanges par convection et accroît donc le transfert de chaleur. C'est très agréable en été et très désagréable en hiver !

Le concepteur doit jouer sur ces quatre paramètres pour satisfaire au confort des occupants. Soulignons que s'il est relativement facile d'agir sur la température et sur la vitesse de l'air, il est difficile, contrairement à une idée très répandue, de modifier le degré hygrométrique : il faudrait pour cela une véritable centrale de traitement d'air capable d'humidifier et de déshumidifier l'air (ce qui suppose un groupe froid). Exclu, a priori, en logement.

Le confort est une notion très subjective qui ne peut être abordée que de façon statistique. Le grand spécialiste du confort, le Danois Ole Fanger, estimait que le confort était atteint lorsque 80 % des usagers étaient satisfaits ! L'architecte doit donc se persuader qu'il n'arrivera jamais à satisfaire tout le monde.

2 – LES CONDITIONS DU CONFORT HUMAIN

De très nombreux travaux ont été conduits de par le monde pour essayer de définir les caractéristiques jugées « confortables » d'un local. **Distinguons deux approches pour le confort d'été.**

La première consiste à déterminer l'ensemble des couples température/ hygrométrie jugés confortables. La figure 1 montre les polygones ainsi définis par les organismes français (Cotic) et américain (ASHRAE), ainsi que les mesures faites dans un bâtiment récent.

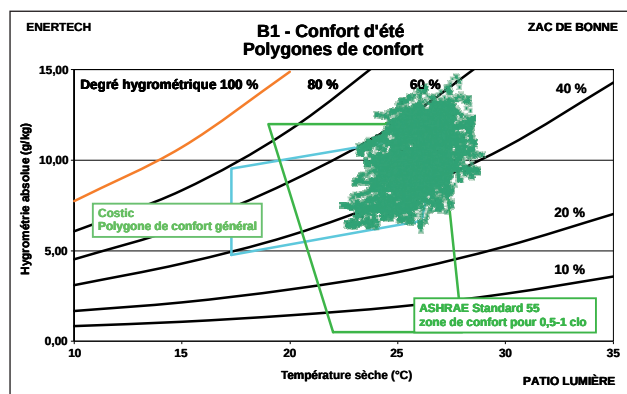


Figure 1 : Polygones de confort vus par le Cotic (France) et par l'ASHRAE (USA). Application à un bâtiment situé à Grenoble

On observe d'emblée des différences d'appréciation importantes entre les États-Unis et la France sur la caractérisation du confort. Ce qui confirme le caractère subjectif de cette notion. Selon cette grille d'analyse, on peut voir que le bâtiment étudié comporte apparemment trop de situations où la température et/ou l'hygrométrie sont trop élevées.

Une autre approche, dite adaptative, corrèle la température

intérieure estivale avec la température extérieure. Cette approche se fonde sur l'idée que l'acceptation des conditions de confort n'est pas une constante mais évolue : plus il fait chaud dehors, plus on accepte des températures intérieures élevées.

Le graphique de la figure 2 représente ces conditions adaptatives pour le même bâtiment de Grenoble. Le confort est satisfait lorsque la température est située dans un intervalle jugé acceptable, en fonction de la température extérieure. La figure 2 fait apparaître deux intervalles, l'un garantissant 80 % de satisfaction (le plus large, défini par les traits noirs), et l'autre 90 % (le plus étroit, défini par les traits bleus). Les points de mesure relevés dans le bâtiment sont en jaune et traduisent cette fois un bon confort.

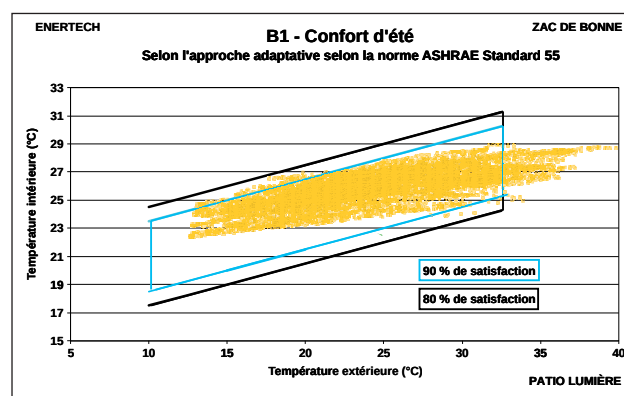


Figure 2 : Approche adaptative du confort. Application à un bâtiment situé à Grenoble

Toutes ces tentatives pour évaluer les conditions de confort sont intéressantes mais elles ne régleront pas les différences d'appréciation éternelles qui existent sur le ressenti des ambiances. Quoique fasse l'architecte, et même si 90 % des occupants de son bâtiment sont satisfaits, il y aura toujours une part de plaignants, hélas, ceux qui, généralement, se font le plus et le mieux entendre...

Aujourd'hui, même si cette disposition n'est à l'évidence pas suffisante, il est admis qu'il faut livrer des bâtiments dans lesquels la température intérieure ne dépasse pas 28 °C pendant plus de 40 heures au cours de l'ensemble des périodes d'occupation estivale.

3 – LES RAISONS DE L'INCONFORT ESTIVAL DES BÂTIMENTS

Pour quelles raisons les bâtiments performants seraient-ils plus sensibles à l'inconfort d'été que les bâtiments traditionnels ?

La raison est simple : on construit désormais de vraies bouteilles thermos, ayant très peu de déperditions, si bien que tous les apports d'énergie qui parviennent à l'intérieur de cette bouteille

ne peuvent plus s'en échapper et se transforment en chaleur. Plus les bâtiments sont calorifugés, plus ce phénomène s'accroît. On observe aussi, et on l'explique, que dans des bâtiments ayant très peu de déperditions, il suffit de très peu d'énergie « infiltrée » à l'intérieur pour que la température s'élève de façon importante. Dans ce cas, il faut a contrario, consommer peu d'énergie pour éliminer la chaleur excédentaire (rafraîchissement) et revenir à l'état de confort. Ces nouveaux bâtiments s'avèrent donc particulièrement sensibles à la surchauffe.

Mais alors, quels sont donc ces apports pouvant conduire l'été à des surchauffes ?

Il y a bien sûr le rayonnement solaire traversant les baies vitrées, mais les architectes savent tous qu'il faut utiliser des protections solaires efficaces et ils le font en général très bien. Toutefois, la baie vitrée présente un danger réel : elle reste la partie la plus fragile d'une façade d'un point de vue thermique. En hiver, c'est par elle que s'effectue la fuite de chaleur. En été, c'est aussi par elle que se fait le transfert de chaleur par convection et conduction depuis l'extérieur (où il fait 35 °C) vers l'intérieur (où il ne fait que 25 °C). Ceci est vrai même lorsqu'il y a d'excellentes occultations, et aussi bien au nord qu'au sud. Malheureusement, l'impact sur l'élévation de température du peu d'énergie ainsi transféré est majeur.

La chaleur dégagée par les occupants constitue l'un des apports internes. Mais comme un bâtiment est d'abord fait pour être occupé, il n'y a bien sûr aucun moyen d'action contre ces apports. Il faut en revanche bien les évaluer afin de les prendre en compte de manière précise dans les calculs.

Les autres apports proviennent de tous les équipements électriques, qu'ils soient domestiques ou rattachés aux parties communes dans les bâtiments collectifs. La figure 3 représente la structure de l'ensemble des apports internes tels qu'ils ont été mesurés (hormis les apports humains, évalués) dans un bâtiment de logements collectifs durant un mois d'été.

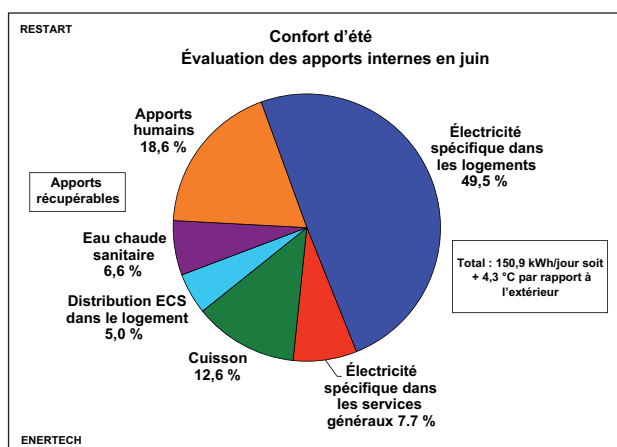


Figure 3 : Structure de l'ensemble des apports internes mesurés dans des logements collectifs en été

Ces apports sont susceptibles d'augmenter la température intérieure, en permanence, de plus de 4 °C par rapport à la température extérieure. Mais il apparaît aussi que la moitié de cette augmentation de température est due aux appareils électrodomestiques.

Pour améliorer le confort d'été dans les logements, et les bâtiments en général, il faut donc commencer par réduire le phénomène perturbateur, ce qui implique de réduire au minimum tous les apports liés au matériel électrique d'une part mais aussi l'ensemble des apports dus au transfert de chaleur par les parois les plus fragiles (vitres) depuis l'extérieur vers l'intérieur. En logements collectifs, il existe une autre source de pathologie qui pourrait rapidement être assimilée à une erreur de conception : il s'agit de la distribution d'eau chaude sanitaire en gaine palière, puis dans la dalle, soit en monotube, soit en réseau bouclé, jusqu'à chaque logement. On a alors un véritable plancher chauffant qui libère une très grande quantité de chaleur en été dans les parties communes et à l'entrée des logements. Cette disposition constructive peut conduire (surtout en cas de bouclage) à des températures continues entre 29 et 30 °C dans les locaux qui pourraient alors être considérés comme impropres à leur destination.

La question se pose de savoir comment déterminer, d'une part, le niveau du confort d'été, et d'autre part, l'impact des dispositions de réduction des apports internes. En premier lieu, ce n'est pas par le calcul réglementaire qu'on peut y parvenir de manière satisfaisante. Celui-ci ne fournit qu'une température maximale constituant bien sûr une indication intéressante, mais pas du tout suffisante pour qualifier le confort tout au long de l'été. Le meilleur outil pour cela, même s'il est un peu lourd et nécessite beaucoup de soin, est la simulation thermique dynamique. Il s'agit d'un outil de modélisation du bâtiment permettant de connaître, heure par heure, tout au long de l'année, le niveau de température et de besoins de chauffage. En été, on ne s'intéressera évidemment qu'au niveau de température atteint. Les valeurs obtenues seront ensuite classées, au cours de la période d'observation, depuis la plus élevée jusqu'à la plus basse, ce qui fournira une courbe de « fréquences cumulées des températures intérieures ». Cette représentation a le grand avantage, comme le montre la figure 4, de fournir une représentation statistique du phénomène, et pas seulement une température maximale. On peut, par exemple, déterminer pendant combien d'heures, ou pendant quel pourcentage du temps total, le bâtiment, ou la zone du bâtiment étudiée, dépassera une valeur donnée de température.

4 – LE RÔLE DE L'INERTIE THERMIQUE DANS LE CONFORT D'ÉTÉ

D'une manière simplifiée, on peut dire que l'inertie thermique d'un bâtiment est constituée de toutes les masses contenues dans ce bâtiment, et plus la chaleur spécifique de ces masses est élevée

(c'est-à-dire la quantité d'énergie nécessaire pour élever d'un degré un kilo de ces masses), plus l'inertie thermique sera élevée. Celle-ci agit dans le bâtiment comme un amortisseur des variations de température : elle s'oppose aux variations brutales de cette température. Les campagnes de mesures ont permis de préciser le comportement et le rôle de l'inertie en été. La figure 4 représente les courbes de fréquences cumulées des températures mesurées pendant le même été dans cinq bâtiments disposant de classes d'inertie allant de faible à très forte (cette classification est celle du CSTB), tous situés dans la même région.

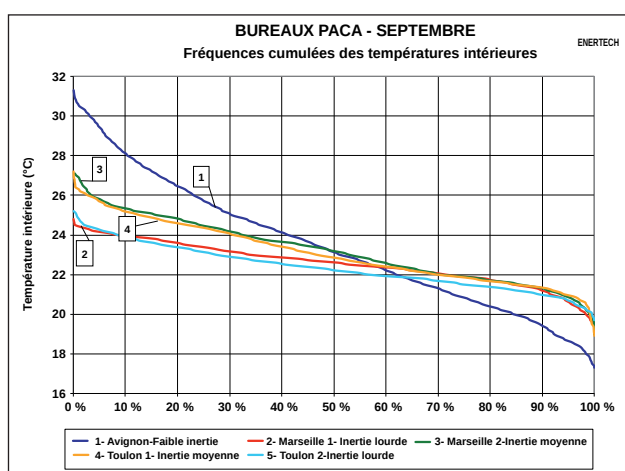


Figure 4 : Fréquences cumulées des températures intérieures en fonction de l'inertie thermique

Il apparaît de manière formelle que, plus l'inertie thermique d'un bâtiment est faible, plus les variations de température sont importantes, plus la température maximum est élevée, plus la température minimum est faible et finalement plus le bâtiment est inconfortable. A contrario, plus l'inertie thermique est élevée, meilleur sera le confort en été. Sur la figure 4, le bâtiment à très faible inertie est en bois. Sa température varie durant le mois d'observation de 17 à 31 °C, alors que pour les bâtiments à très forte inertie, la température intérieure ne varie que de 20 à 25 °C.

La forte inertie apparaît donc comme une condition nécessaire du confort en été. Cette condition est valable pour tous les types de bâtiments, quelle que soit leur utilisation. Dans les bâtiments à très basse consommation, les solutions à très faible inertie conduiront presque toujours (sauf en altitude) à de mauvaises conditions de confort en été.

Mais cette condition, si elle est nécessaire, n'est pas suffisante. Car l'inertie fonctionne en été comme un gros réservoir stockant l'énergie pendant la journée, ce qui évite l'augmentation trop forte des températures intérieures. Mais si ce réservoir d'énergie n'est pas vidé pendant la nuit, il s'ensuit une accumulation qui va rapidement se traduire par une incapacité de l'inertie à jouer son rôle de régulateur : et donc, la température va s'élever. La seconde condition consiste donc à refroidir les structures

lourdes de l'inertie pendant la nuit (il s'agit en fait des dalles, des refends, etc.). Tous les moyens pour parvenir à cette fin sont bons, même les plus simples comme l'ouverture des fenêtres !

5 – LES STRATÉGIES POUR AMÉLIORER LE CONFORT D'ÉTÉ DANS LES BÂTIMENTS

5-1 Une forte inertie thermique

Hormis en altitude (car les sollicitations estivales sont beaucoup moins fortes), la présence d'une très forte inertie thermique, quel que soit le mode d'utilisation du bâtiment (permanent ou intermittent), sera toujours nécessaire pour assurer un bon confort d'été. Cela sera obtenu par des planchers et des refends lourds, par la multiplication des surfaces de parois inertes (il vaut mieux beaucoup de parois de faible épaisseur qu'une petite paroi de très forte épaisseur car ce sont les premiers centimètres qui travaillent). Les matériaux utilisés sont le béton, la pierre, la terre cuite ou crue, etc. Très clairement, **si l'inertie intérieure d'un bâtiment est lourde** (planchers/refends), la présence de murs extérieurs lourds n'a plus aucune influence sur la température intérieure en été. Cela laisse donc la liberté d'adopter, pour ces parois, la structure que l'on souhaite et avoir, par exemple, des parois légères, sans aucune inertie.

5-2 Un traitement approprié des surfaces vitrées

5.2.1 Limiter la taille des surfaces vitrées

Depuis trente ans, la réglementation thermique avait habitué l'architecte à une grande liberté dans le choix des surfaces vitrées : le calcul réglementaire modifiait les contraintes de consommation en fonction de cette surface vitrée. La RT 2012 marque la fin de cette manière de procéder. Les bâtiments seront soumis à une contrainte de performance intrinsèque et de trop grandes surfaces vitrées pourront rendre impossible l'obtention des performances requises.

Mais la recherche du confort d'été va aussi poser des problèmes, car même munies d'excellentes occultations, les surfaces vitrées sont le siège de transferts de chaleur passifs, puisqu'il fait plus chaud à l'extérieur qu'à l'intérieur du bâtiment. La modélisation dynamique montre parfaitement l'impact de cet apport de chaleur : il se traduit par une augmentation sensible de la température intérieure et il peut devenir impossible de respecter les critères de confort d'été.

L'architecte est donc contraint de limiter la taille des surfaces vitrées, quand bien même cette tendance n'est pas très à la mode. Néanmoins, il est nécessaire de s'adapter à l'évolution comportementale des bâtiments construits. Or, les bâtiments à très basse consommation ont tendance à être facilement inconfortables en été. Il faudra par conséquent adapter les habitudes de conception à cette nouvelle contrainte.

Mais alors, quelle surface de vitrage adopter ?

La modélisation montre que, la plupart du temps, le rapport de la surface vitrée en tableau à la surface habitable ou utile totale doit se situer entre 16 et 18 %. Parfois, on peut atteindre des valeurs de 20 % sans rencontrer de problème majeur. Chaque cas est, et doit rester, particulier. Seule la modélisation dynamique permet de répondre au cas par cas de manière précise.

La RT 2012, en son article 20, a introduit une nouveauté qui risque de poser quelques problèmes pour atteindre le confort d'été. Cet article précise en effet que le rapport de la surface vitrée à la surface habitable des logements doit être supérieur ou égal à 17 %. Dans certains cas, cette disposition (qui vise à favoriser l'éclairage naturel) risque d'entrer en contradiction avec les impératifs du confort d'été qui pourraient exiger de plus faibles surfaces vitrées. Cette disposition semble donc malheureuse et probablement regrettable.

5.2.2 Le rôle des protections fixes

Les casquettes fixes sont souvent citées comme un mode efficace de protection contre le soleil en été. C'est exact, mais leur impact sur les apports solaires en hiver apparaît finalement trop important (réduction de 20 à 25 % de ces apports) pour justifier leur mise en œuvre si elles n'ont pas, par ailleurs, une autre utilité (balcon par exemple).

5.2.3 Les protections végétales à feuilles caduques

Elles apparaissent dans tous les ouvrages d'architecture climatique, mais leur utilisation nécessite quelques précautions. En premier lieu, il faut oublier l'idée de l'arbre situé au sud et qui procurerait en été une ombre délicieuse et régulatrice. En effet, le rayon solaire est tellement haut l'été que l'arbre devrait être, a minima, un séquoia planté très près de la façade. En conséquence, à moins de disposer d'une butte sur laquelle l'arbre pourrait être planté, il vaut mieux ne pas trop espérer de cette solution.

En revanche, l'utilisation de végétaux à feuilles caduques sur, ou en avant de la façade à protéger, semble une bonne solution. Si la hauteur du bâtiment est importante, ces plantations devront démarrer dans des jardinières, à chaque étage, afin de ne pas attendre vingt-cinq ans pour voir la plante atteindre le dernier étage de l'immeuble. L'architecte pourra prévoir des fils en acier inox permettant à la plante de grimper plus facilement.

5.2.4 Les protections mobiles

Elles constituent une des meilleures réponses à la maîtrise du rayonnement solaire car elles permettent à l'usager d'adapter le contrôle à ses besoins réels. En revanche, le choix du bon dispositif n'est pas très simple car il doit répondre à deux exigences quelque peu contradictoires :

- il faut d'abord que le facteur solaire du vitrage et de l'occultation soit inférieur ou égal à 15 %. Le but est effectivement de très bien contrôler le rayonnement solaire en été,

- il faut néanmoins que cette protection rende possible la ventilation nocturne avec un débit d'environ 3 vol./h, ce qui suppose qu'elle soit ou qu'elle puisse être très perméable.

Il existe de nombreuses réponses plus ou moins bien adaptées et qui sont bien connues des professionnels : volets battants, persiennes, volets roulants, jalousies, stores, volets coulissants, etc.

5.2.5 Les vitrages de contrôle solaire

Il s'agit de vitrages couramment utilisés, notamment dans la construction de bâtiments tertiaires très vitrés comme les tours. Ces vitrages sont munis d'un revêtement sélectif qui leur permet de filtrer très efficacement le rayonnement solaire, tout en laissant passer une part importante (mais réduite) de la fraction correspondant au rayonnement visible du spectre solaire. La modélisation dynamique atteste de la très grande efficacité de ces solutions sur le confort d'été. Mais attention : si cette technologie permet d'augmenter la taille de la surface vitrée sans souffrir d'inconfort en été, il n'en reste pas moins qu'il s'agit d'un vitrage et que sa performance thermique en hiver sera très dégradée comparée à celle des parois opaques. Il faut donc prendre garde d'assurer à la fois le confort d'été et le niveau des besoins en hiver.

Ces vitrages ont longtemps coûté assez cher, mais leur prix a très sensiblement baissé aujourd'hui et leur usage est parfaitement envisageable dans un projet courant. Chacun doit avoir à l'esprit qu'ils conduisent à une petite réduction des apports de lumière à l'intérieur du bâtiment, et qu'il existe un aspect de façade devant être accepté à la fois par le maître d'ouvrage et par l'architecte. Concernant la coloration de cette façade, il existe aujourd'hui des vitrages de contrôle solaire ayant pratiquement le même aspect que des vitrages clairs ordinaires.

5-3 La maîtrise de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe

Dans les régions très ventées en été, il faudra attacher une importance redoublée à l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment. Car en été, il fait généralement plus chaud à l'extérieur qu'à l'intérieur, si bien que tout défaut d'étanchéité introduira de la chaleur dans le bâtiment, ce qui favorisera des surchauffes.

5-4 La maîtrise des apports internes

C'est un des aspects les plus importants de la lutte contre l'inconfort estival. Mais réduire l'énergie des apports internes n'est pas toujours facile pour la maîtrise d'œuvre. La figure 3 a pourtant montré le rôle considérable des appareils domestiques : à eux seuls ils sont responsables d'une augmentation de température

de plus de 2 °C. D'une manière ou d'une autre, il faudra donc faire en sorte de réduire cette consommation, tout en satisfaisant les mêmes besoins des usagers. Le paradoxe tient à ce que le maître d'œuvre est généralement considéré comme responsable des conditions de confort en été, alors que l'utilisateur partage grandement cette responsabilité puisque c'est lui qui achète les équipements et surtout qui ne les utilise pas toujours de façon optimale.

Dès lors, que faut-il faire ?

En tertiaire de bureaux, il faut impérativement mettre en œuvre, d'une part, des systèmes d'éclairage à très basse consommation, et d'autre part, faire en sorte que toute la bureautique utilisée soit constituée de matériels à très basse consommation (ordinateurs portables), équipés de gestionnaires d'énergie capables d'arrêter les équipements lorsqu'ils ne sont pas utilisés (Energy Star est sur toutes les machines livrées depuis dix ans, mais il n'est souvent pas émulé). Ces dispositifs ont beaucoup d'avantages : ils sont généralement suffisants pour assurer des conditions de confort satisfaisantes ; ils réduisent les consommations d'électricité du bâtiment ; ils permettent enfin, la plupart du temps, d'éviter l'installation d'une climatisation. Certes, le choix de la bureautique ne fait pas partie des missions habituelles de la maîtrise d'œuvre. Mais cela évolue et les maîtres d'ouvrage sont de plus en plus attentifs aux conseils de cette nature.

En logement, il faut prendre quelques mesures constructives (interrupteur sur la prise de courant alimentant le site audiovisuel, etc.). Mais il faut surtout sensibiliser les futurs usagers au choix de matériels électrodomestiques particulièrement économes (ne pas s'équiper d'appareils surdimensionnés, les choisir de classe énergétique A ou A+) et leur apprendre aussi l'usage sobre et économe de ces matériels (arrêter tous les matériels que l'on n'utilise pas).

En immeubles collectifs, le même travail de sensibilisation sera fait aussi sur tous les équipements des services généraux dont la consommation d'électricité finit en grande partie en chaleur, cette chaleur terminant la plupart du temps son parcours à l'intérieur des logements.

Au titre des apports internes, il y a aussi les distributions intérieures d'eau chaude sanitaire qu'il faudra veiller à calorifuger très fortement car elles apparaissent comme une source importante de chaleur et de perturbation en été.

5-5 Augmenter la vitesse de l'air dans les locaux

Chacun sait que l'augmentation de la vitesse de l'air (frais) en contact avec la peau augmente les échanges par convection et crée une sensation de bien-être. On estime généralement que

l'effet obtenu correspond à un abaissement de la température ambiante d'environ 2 °C.

Il n'est malheureusement pas possible d'obtenir cette augmentation de la vitesse de l'air par ouverture des fenêtres puisque l'air extérieur est généralement plus chaud que l'air intérieur. Il faut donc mettre en place un mécanisme permettant la mise en mouvement de l'air intérieur : ce sont les brasseurs d'air plafonniers. On les choisira en veillant d'une part à ce que leur taille soit compatible avec la hauteur sous plafond, et d'autre part à ce que la puissance du moteur, qui va finir intégralement en chaleur dans le local, ne crée pas une augmentation de température supérieure à l'amélioration procurée par le brasseur d'air.

5-6 Le puits canadien

Le principe du puits canadien est simple : l'air hygiénique insufflé dans le bâtiment passe au préalable dans un réseau de conduits enterrés qui va le rafraîchir en été et le réchauffer en hiver. Il s'agit d'un dispositif qui n'est en rien une climatisation mais seulement un appoint au rafraîchissement. La température de l'air en été peut être abaissée de 3 à 5 °C.

Toutefois la réalisation d'un puits canadien est relativement onéreuse, mais cette technique peut se justifier si elle se greffe à la marge sur des tranchées prévues par ailleurs. À titre d'exemple en maison individuelle, le raccordement depuis la limite de propriété jusqu'au bâtiment du gaz ou de l'électricité nécessite déjà une tranchée qu'il suffira alors de creuser plus profondément pour incorporer le puits canadien. Le coût de celui-ci est alors marginal et peut être envisagé dans le projet.

5-7 Refroidir les structures

On a vu qu'une forte inertie thermique était une condition nécessaire mais pas suffisante pour accéder à un bon confort d'été. Il est également nécessaire de « refroidir les structures » durant la nuit afin d'évacuer l'énergie emmagasinée par l'inertie durant la journée.

5.7.1 La ventilation nocturne

La façon la plus simple de procéder consiste à ouvrir les fenêtres pendant la nuit. La modélisation dynamique montre qu'avec un débit de 3 vol./h (facilement obtenu par l'ouverture d'un seul vantail à chaque fenêtre) le confort d'été est parfaitement gérable et permet d'éviter toutes les périodes de surchauffe trop longues. C'est donc la solution qu'il faut systématiquement prévoir dans tous les projets, chaque fois que c'est possible. Bien sûr, il faudra expliquer aux usagers la nécessité de cette pratique quotidienne. Toutefois, cette solution simple et bon marché n'est pas toujours réalisable. Il en est ainsi dans les bâtiments de bureaux ou bien dans les logements en rez-de-chaussée, ou même en étage,

lorsque l'immeuble est situé sur un carrefour ou sur une voie de circulation bruyante. Il sera alors nécessaire, soit de sécuriser les ouvertures, soit de mettre en œuvre d'autres solutions.

5.7.2 *Rafraîchissement par la nappe phréatique*

Cette solution n'est pas généralisable : elle dépend de la présence d'une nappe phréatique et de la possibilité d'exploiter cette nappe (taille de l'opération, budget, autorisation, etc.). L'idée est de refroidir l'air neuf soufflé dans le logement par la ventilation double flux (à laquelle il faudra souvent recourir dans la construction de bâtiments performants) au moyen de l'eau fraîche d'une nappe phréatique. Concrètement, cela consiste à placer un échangeur air/eau (aussi appelé « batterie ») sur le soufflage d'air neuf. On met en route ce dispositif au début de l'été, et on l'arrête en fin d'été, en le laissant fonctionner en permanence durant toute cette période. L'objectif est de créer un petit rafraîchissement continu qui va conduire à un abaissement de la température des structures de 2 ou 3 °C.

Les mesures faites sur une installation de ce type montrent un abaissement des températures de l'air ambiant d'environ 3 °C par rapport à des bâtiments ne disposant pas de cet équipement. Toutefois, il faut faire attention à la profondeur de la nappe phréatique, car la consommation de la pompe qui en relève l'eau peut devenir très rapidement élevée. On considérera donc qu'au-delà d'une profondeur de la nappe phréatique de trois ou quatre mètres, l'opération n'est plus souhaitable.

5.7.3 *Rafraîchissement par sondes géothermiques*

Ce dispositif est associé à un mode de chauffage qui commence à se répandre avec l'arrivée des bâtiments à très basse consommation : une pompe à chaleur est associée d'une part à des sondes géothermiques (il s'agit de forages verticaux irrigués par des tubes) d'où elle tire son énergie, et d'autre part à un plancher chauffant/rafraîchissant dans lequel elle diffuse l'énergie produite. Ce dispositif a un avantage considérable : durant l'hiver, la pompe à chaleur a refroidi le sol, si bien qu'en été, l'eau circulant dans le sol est très fraîche. Si on l'injecte avec précaution dans le plancher chauffant/rafraîchissant, cela permet de maintenir une température très confortable à l'intérieur des bâtiments avec pour seule consommation d'énergie celle de la pompe de circulation puisqu'il n'est même pas nécessaire de mettre en route la pompe à chaleur.

Ce dispositif est assez répandu en Suisse et commence à se développer en France. Il est intéressant car la consommation de chauffage est très réduite, le confort d'été est garanti et le sol est ainsi rechargé en chaleur durant l'été, ce qui permet la pérennité du système dans le temps. Il s'agit donc d'une solution de chauffage au moyen de laquelle il est souhaitable de rafraîchir les bâtiments l'été !

6 – QUEL RÔLE POUR LES MATÉRIAUX À CHALEUR LATENTE ?

Il n'est pas toujours possible de disposer d'une forte inertie dans un bâtiment. C'est le cas par exemple des constructions en bois. Se pose alors la question d'utiliser des matériaux à chaleur latente.

Pour qu'un corps change d'état, en passant par exemple de l'état solide à l'état liquide, il faut lui fournir beaucoup d'énergie. Cette énergie est nécessaire à la transformation de la matière. C'est la « chaleur latente de changement d'état ». L'une des propriétés de cette transformation est de s'effectuer à température constante. Ainsi en est-il d'une casserole d'eau qui bout : on lui fournit de l'énergie, et pourtant sa température n'augmente pas. En revanche, l'eau se vaporise.

Les matériaux dits à chaleur latente sont conçus pour que le changement d'état ait lieu à une température proche de la température ambiante (par exemple 25 °C en été).

Ces matériaux sont ensuite encapsulés en usine dans les cloisons ou les revêtements de surface.

En principe, lorsque la température dans le local atteint 25 °C, le matériau à chaleur latente commence à fondre en absorbant la chaleur ambiante. Pendant la liquéfaction du matériau, la température reste constante et se maintient à 25 °C durant plusieurs heures. En d'autres termes, la présence du matériau à chaleur latente a un effet similaire à celui d'une forte inertie thermique dans la mesure où il ralentit l'élévation de température au cours de la journée. Mais pour les mêmes raisons que l'inertie, il est nécessaire durant la nuit de rafraîchir le matériau afin de le solidifier. Ce faisant, la chaleur qu'il avait emmagasinée durant la journée est évacuée et le cycle peut recommencer le lendemain.

Que peut-on dire aujourd'hui sur l'utilisation de ces matériaux ?

À notre avis, il faut rester prudent car la démonstration de leur efficacité ne semble pas encore acquise. Mais il faut conserver une veille active sur ces produits susceptibles de rendre de grands services à l'avenir, notamment dans les constructions en bois.

7 – ET LA CLIMATISATION ?

La différence entre le rafraîchissement et la climatisation tient en ce que cette dernière met en œuvre des modes de production de froid actif (groupe froid), alors que le rafraîchissement est fondé sur des techniques plutôt passives ne conduisant cependant pas non plus au même niveau de température.

La consommation d'énergie nécessaire au rafraîchissement ou à la climatisation des bâtiments en été étant désormais prise

en compte dans le calcul réglementaire, l'objectif poursuivi est évidemment de s'en passer totalement, et ce qui précède a montré qu'il existait pour cela de nombreuses pistes.

Il n'est pas souhaitable que la climatisation fasse son entrée dans les logements en France. Elle représenterait une consommation d'énergie qui poserait rapidement des problèmes insurmontables. Il est donc préférable d'apprendre à ne pas en avoir besoin...

La question de la climatisation se pose souvent dans les bâtiments de bureaux. L'expérience montre qu'elle n'est pas du tout nécessaire en France à la condition de procéder comme indiqué précédemment (éclairage et bureautique optimisés) et de former les usagers à une utilisation à la fois sobre et plus raisonnable des équipements en place. Malheureusement, dans bien des cas, les occupants n'ont pas l'intention de changer leurs habitudes et il peut devenir nécessaire alors de mettre en place une climatisation dont le coût important n'est pas à négliger... Reste enfin quelques bâtiments pour lesquels la climatisation ne peut absolument pas être remise en cause : les centres commerciaux (mais seulement les jours de soldes en été), les cinémas, etc.

8 – LES OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES DU CONCEPTEUR

Il n'existe semble-t-il que peu de règles à respecter en matière de confort d'été :

- **le calcul thermique réglementaire** (RT 2005 ou RT 2012) détermine une température maximale atteinte dans le bâtiment : **la Tic** (température intérieure conventionnelle). Cette température ne doit pas dépasser une valeur limite supérieure définie pour chacune des huit zones climatiques du calcul réglementaire.

Le maître d'œuvre est tenu de procéder à ce calcul thermique réglementaire qui est obligatoire.

En pratique, l'architecte doit faire faire ce calcul par un bureau d'études thermiques compétent et le conserver dans ses archives. Par ailleurs, il faut que la réalisation reste conforme aux plans et au descriptif ayant servi de base à ce calcul, ou, si des modifications interviennent avant ou en cours de chantier, il faut qu'il fasse vérifier qu'elles n'ont pas d'incidence négative sur la Tic.

- **les baies vitrées** de tous les locaux destinés au sommeil et ne disposant pas de système de refroidissement doivent être équipées de protections solaires mobiles choisies de façon à ce que le facteur solaire de la baie soit inférieur à une valeur fixée par l'article 21 de l'arrêté du 26/10/2010 (RT 2012). Sauf exception définie à l'article 22 du même arrêté, ces baies devront pouvoir s'ouvrir sur au moins 30 % de leur surface.

- **l'article R 131-29 de l'arrêté n° 2007-363 en date du 19/03/2007** précise que « dans les locaux dans lesquels est installé un **système de refroidissement**, celui-ci ne doit être mis ou maintenu en fonctionnement que lorsque la température intérieure des locaux dépasse 26° ». En termes clairs, de même qu'en hiver, la température intérieure des bâtiments chauffés ne doit pas dépasser 19°C, en été, la température des bâtiments climatisés ne doit pas être inférieure à 26°C.

Il n'existe pas aujourd'hui d'obligation de résultat concernant le confort d'été. Cependant des températures trop élevées par suite d'erreurs de conception (surfaces vitrées trop importantes, absence de protections solaires, distribution incorrecte d'eau chaude sanitaire, etc.) pourraient néanmoins conduire à considérer les bâtiments comme impropres à leur destination. ■

En complément de cette fiche d'informations techniques, la MAF a édité la fiche conseil « **Recommandations de la MAF pour l'application de la RT 2012.** »

À télécharger sur : maf.fr > espace adhérent > documentation - mafcom.com > contenu documentaire

Les fiches d'informations techniques de la MAF sur la RT 2012 élaborées par Enertech

T 16 – L'étanchéité à l'air des bâtiments – octobre 2012

T 17 – Les ponts thermiques dans les bâtiments performants – octobre 2012

T 18 – Le confort d'été – février 2013

T 19 – La ventilation des bâtiments – février 2013

T 20 – L'eau chaude sanitaire – parution en 2013

Crédits illustrations : Enertech