# Hygrométrie

Février 2020

**Pour appréhender le confort thermique, on ne peut pas se contenter d'observer la température des pièces. Il est indispensable de s'intéresser également à celle de leurs parois et de faire appel à la notion de température dite ressentie ou opérative.**

À vitesse d'air nulle ou très basse, comme on l'observe le plus souvent dans les bâtiments, la température ressentie est la moyenne arithmétique de la température de l'air et de la température moyenne des surfaces. Ainsi, une pièce sans courant d'air, affichant 26 °C au thermomètre et dont les parois sont à 20 °C, offrira aux occupants une température ressentie de 23 °C. Le confort perçu par l'occupant sera pratiquement le même que dans une chambre où l'air et les surfaces sont à 23 °C.


8-schéma-3-1.jpg

Lorsque la vitesse de l'air devient importante (plus de 0,2 m/s), la température de l'air prend le pas sur celle des surfaces, et devient la seule à influer sur le ressenti.

Professeur honoraire à l'école polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), Claude-Alain Roulet a concentré ses travaux de recherches sur le confort hygrothermique au sein des bâtiments. Il précise que « *même si la température opérative est idéale, des inconforts peuvent résulter de gradients de température exagérés (paroi froide, plafond chaud), de courants d'air ou de contact avec des matériaux froids* ». Il prend l'exemple, en hiver, d'un salon à une température opérative idéale de 22 °C, mais dans lequel on trouve un radiateur à 34 °C et une paroi à 10 °C.


9-courbes-3-1-.jpg

Plus l'écart entre la température ambiante et celle d'une paroi est important, plus la sensation d'inconfort grandit. D'autre part, selon la paroi concernée, notre sensibilité n'est pas la même. Alors qu'un plafond chaud est nettement moins bien supporté qu'un plafond froid, un mur - chaud sera nettement mieux toléré qu'un mur froid.

**Humidité : trouver le bon dosage**

**Pour aborder le confort hygrométrique, on ne peut se limiter à l'observation de l'humidité (quantité d'eau présente dans un certain volume d'air). C'est la notion d'humidité relative (grammes d'eau présents par m$^3$** d'air à une température donnée par rapport à la quantité maximum d'eau que peut contenir un m$^3$ d'air à cette température) qui permet le mieux d'appréhender les risques découlant d'un manque et surtout d'un surplus de vapeur d'eau à l'intérieur d'un bâtiment.

L'humidité relative ne doit être ni trop faible, ni trop élevée. Si l'humidité relative passe en dessous de 30 %, des irritations risquent d'être ressenties au niveau du nez et de la gorge. Au-dessus de 80 %, des problèmes de condensation et de moisissure peuvent apparaître et alors faire naître des réactions allergiques chez les occupants.

### Hygrométrie, parent pauvre des labels

« L'hygrométrie est le parent pauvre de la santé dans le bâtiment. À part quelques labels comme le Belge Valideo qui exige une humidité relative comprise entre 30 et 50 %, ce critère pourtant essentiel est quasi ignoré des labels. »

Claire-Sophie Coeudevez, ingénieur au sein du bureau d'études Medieco, spécialisée dans les problématiques de santé appliquées au bâtiment.

Or, comme l'explique Claude-Alain Roulet, les sources d'humidité sont nombreuses. «*Un bâtiment neuf perd son eau de chantier durant les deux premières années. Un adulte au repos produit environ 50 grammes d'eau par heure et la cuisson des aliments et le séchage du linge à l'intérieur produisent chaque jour 3,5 kg d'eau.* » Souvent mal entretenues, les ventilations mécaniques contrôlées (VMC) ne permettent pas d'évacuer l'accumulation de toute cette humidité et d'empêcher ainsi la formation de champignons, principalement dans les salles de bains et les cuisines, pièces particulièrement humides.

Mais même lorsque le système de ventilation fonctionne correctement, et que l'air de la pièce n'est pas trop humide, des moisissures peuvent apparaître sur les surfaces les plus froides. « *En hiver, il faut veiller à ce que l'humidité relative de l'air de la pièce ne dépasse pas les 50 % car, le long d'une paroi froide, du fait notamment des ponts thermiques (points de la construction où la barrière isolante est rompue), on peut trouver des humidités relatives locales beaucoup plus élevées* », explique Claude-Alain Roulet.
Il suffit de trouver, sur une petite surface, durant seulement quelques semaines, une humidité relative localement supérieure à 80 % pour que des champignons se développent. C'est pourquoi l'absence de ponts thermiques qui gênèrent des surfaces froides à l'intérieur des bâtiments permet non seulement d'offrir un meilleur confort thermique mais également de se prémunir contre le développement de moisissures et des désagréments qui en découlent.

## Prévenir et réduire la contamination fongique ?

Un rapport d'expertise collective publié en octobre 2016 par l'ANSES sur les moisissures dans le bâti, met clairement en évidence le fait que l'exposition aux moisissures dans les environnements intérieurs constitue un enjeu majeur de santé publique.

La part importante des logements concernés, les effets avérés sur la santé respiratoire et l'identification de groupes de population à risque (notamment patients immunodéprimés ou atteints de pathologies respiratoires chroniques) a conduit à des recommandations très spécifiques.

Il s'agit d'identifier les efforts à déployer pour réduire les expositions aux moisissures dans le bâti, prioritairement par la prévention de leur développement, en renforçant la coordination entre les acteurs des secteurs d'activité (construction, énergie, etc.) et les autorités et acteurs publics, afin améliorer la mise en cohérence de la gestion des risques.

Il faut à la fois, former les professionnels sur l'interrelation des enjeux techniques (isolation, ventilation et chauffage) du bâtit et informer le public occupant sur les mesures efficaces de prévention.

La prévention des conséquences sanitaires, elle, devra prendre en compte spécifiquement le risque fongique dans les logements, par le biais de l'évolution de la réglementation. Notamment, en facilitant les conditions de recueil et de traitement des signalements effectués par les occupants, et encadrant les conditions d'investigations par l'instauration de seuils d'action ou d'orientation de prévention ou de remédiation.

## Quel confort hygrothermique offre un logement basse consommation ?

Spécialisé depuis 30 ans dans l'énergétique appliquée aux bâtiments, le bureau d'études Enertech a été missionné par l'Ademe pour évaluer les performances énergétiques et le confort hygrothermique qu'offre réellement la résidence « Ambroise Croisat » labélisée bâtiment basse consommation (BBC). Livré en mai 2010 à Vénissieux, dans la région Rhône-Alpes, l'immeuble de 30 logements sociaux présente une enveloppe constituée d'un mur en **béton** avec isolation rapportée.

Le bureau d'étude a implémenté plus de deux cents instruments de mesures dans le bâtiment, dont des thermomètres et des hygromètres. Les principaux résultats issus de la première année de mesure sont riches d'enseignements sur le confort d'hiver et d'été dans les bâtiments BBC.

Les mesures d'hygrométrie montrent que l'humidité relative est stable et reste comprise entre 30 et 60 % pendant 95 % du temps. Les températures relevées en hiver mettent surtout en avant le non-respect de la limite supérieure de température de chauffage fixée réglementairement, en moyenne, à 19 °C. (Durant les mois de décembre 2010, janvier et février 2011, la température des logements étudiés s'établit en moyenne à 22,7 °C, elle dépasse les 22 °C pendant 75 % du temps et descend au plus bas à 19,9 °C).

Concernant le confort d'été, les résultats de l'étude d'Enertech semblent être à même de dissiper les craintes que suscitent les logements basse consommation. Sur les semaines estivales de 2010 et 2011, la température moyenne observée dans les logements ne dépasse jamais 28 °C et la moyenne se situe à 24,3 °C.

« *Le bâtiment ne comprenant ni système de rafraîchissement ni surventilation nocturne, la gestion des apports est cruciale pour le confort d'été et apparaît gérée de manière particulièrement satisfaisante. L'analyse de l'évolution moyenne journalière montre que la température intérieure est peu dépendante des variations extérieures et évolue peu au cours de la journée. L'inertie du bâtiment semble jouer son rôle de stabilisateur. Il capte les apports internes diurnes en limitant les surchauffes. Il les relâche la nuit pour maintenir une température constante* », indique le rapport d'Enertech. L'étude conclut que «*les résultats obtenus sur ce bâtiment montrent qu'il est parfaitement possible dans des logements très performants (donc très isolés et très étanches) de gérer de manière tout à fait satisfaisante le confort d'été.* »

## Renforcer l'encadrement réglementaire des ambiances thermiques

L'article R.131-20 du code de la construction et de l'habitation spécifie que «*les limites supérieures de température de chauffage sont, en dehors des périodes d'inoccupation, fixées en moyenne à 19 °C pour l'ensemble des pièces d'un logement* ». Et, depuis le 1er juillet 2007, l'article R.131-29 du code de la construction et de l'habitation limite l'utilisation des systèmes de climatisation en précisant 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 °C* ».

Ces deux règles du code de la construction, ne suffisent pas à encadrer le bien-être thermique dans les logements. La DHUP en a conscience et travaille à faire évoluer les exigences sur le confort d'été de la RT 2012.

**Tolérance plus élevée dans les bâtiments non chauffés et non refroidis**

En été, dans une chambre où la fenêtre est ouverte, on est beaucoup plus tolérant que dans une chambre où l'air est conditionné. C'est pourquoi d'autres travaux ont été menés afin de situer ces plages de tolérance et ont abouti au modèle de confort adaptatif, pour les bâtiments non chauffés en hiver et non refroidis en été, normalisé dans une annexe de la norme européenne EN 15251.

11-graphique-3-4-2.jpg

## Pourquoi choisir le béton ?

**L'inertie, condition indispensable au confort d'été**

Le béton est un matériau présentant une effusivité thermique élevée. Autrement dit, il emmagasine l'énergie thermique de son environnement (provenant des apports solaires, des occupants ou des équipements) sans monter en température rapidement. Cette faculté se traduit, en été, par la sensation de fraîcheur qu'il confère au toucher. Cette notion d'effusivité est un des paramètres clés de l'inertie d'un matériau. Or, en climat continental, où les variations de température entre le jour et la nuit sont importantes, la recherche d'inertie est indispensable pour offrir un confort thermique durant les périodes chaudes.

Le bureau d'étude Enertech a croisé les résultats de plusieurs de ses campagnes de mesures effectuées ces dernières années dans des bâtiments tertiaires implantés en bordure de Méditerranée et en Provence. Il a notamment représenté les fréquences cumulées des températures intérieures dans ces immeubles tertiaires, pendant le mois de septembre, en l'absence de climatisation.

Ainsi pour le bâtiment en Avignon à très faible inertie (ossature bois), les températures varient de 17 à 31 °C, alors que pour les bâtiments à forte inertie (maçonnerie lourde et poteaux poutres dalles en béton) la variation s'étend de 19 à 25 °C seulement.

### Les bâtiments basse consommation ne peuvent se passer d'inertie

« La forte inertie apparaît comme une condition nécessaire du confort en été. 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. »

Olivier Sidler, directeur du bureau d'étude Enertech.

PACA-ENERTECH-E-Leyens-JAN-14.jpg

1. Immeuble de bureaux R+1 en ossature bois sur terre-plein, à Avignon, livré au début des années quatre-vingt-dix.
2. Immeuble de bureaux R+2 en maçonnerie lourde (e = 50 cm) non isolée avec planchers en béton, à Marseille, livré dans les années cinquante.
3. Immeuble de bureaux R+1 en maçonnerie lourde (e = 20 cm) non isolée et planchers béton avec toiture-terrasse légère et isolée par 40 mm, à Marseille, livré dans les années soixante-dix.
4. Immeuble de bureaux R+1 avec dalle béton sur terre-plein, poteaux poutres béton, façades légères isolées pour moitié par 40 mm et toiture-terrasse isolée par 100 mm en sous-face, à Toulon, livré dans les années soixante.
5. Immeuble de bureaux R+4 avec poteaux poutres dalles béton, façades en panneaux de béton préfabriqués non isolés et toiture-terrasse, à Toulon, livré dans les années soixante- dix.

**Fréquences cumulées des températures intérieures en fonction de l'inertie thermique (source Enertech).**

Les courbes obtenues montrent que plus l'inertie des bâtiments est faible, plus la plage de variation des températures observées est grande. Ainsi dans le bâtiment avignonnais à très faible inertie (ossature bois), livré au début des années quatre-vingt-dix, les températures varient de 17 °C à 31 °C, alors que pour les bâtiments à forte inertie (maçonnerie lourde et poteaux poutres dalles en béton), construit durant les Trente Glorieuses, la variation s'étend de 19 °C à 25 °C seulement.

Pour Olivier Sidler, directeur du bureau d'étude Enertech, l'inertie d'un bâtiment s'entretient. «*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.* » Il pointe donc l'importance de refroidir les structures lourdes (dalles, refends…) entre le coucher et le lever du soleil.

« *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 agérable 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* », indiquent les spécialistes de la thermique des bâtiments. Et, lorsque la situation de l'immeuble empêche de ventiler « naturellement » (logements en rez-de-chaussée ou situés sur une voie de circulation bruyante), une augmentation du débit de la ventilation mécanique permet d'amener la fraîcheur nocturne à l'intérieur du bâtiment.

### Étude de cas : Ventilation naturelle et béton pour des bureaux sans climatisation

La consommation du poste rafraîchissement peut, dans les bureaux, dépasser les besoins de chauffage. Pour son nouveau siège, le groupe Adeo mise sur la fraîcheur de la nuit pour apporter le confort d'été à ses employés.

adeo---fournie-par-eric-leyens.jpg

Conçu par les architectes de Blaq, agence lilloise, le nouveau siège international du groupe Adeo, dont l'enseigne Leroy Merlin fait notamment partie, a été livré en octobre 2012. Construits sur l'ancien site de la CAMIF

à Ronchin, dans le Nord, les 7 000 m² des nouveaux bureaux, labélisés passifs, présentent l'originalité de ne disposer d'aucun système de rafraîchissement actif. Pour se passer de climatisation, un système ingénieux d'ouvertures génère automatiquement des courants d'air durant les nuits de la période chaude. La fraîcheur apportée par cette ventilation naturelle, combinée à l'inertie du béton de la structure, doit assurer le confort d'été.

Le delta de température qu'offrent les nuits d'été du nord de la France et la hauteur des cheminées permettent d'obtenir un excellent débit de tirage d'air, sans l'intervention de ventilation mécanique. Les études ont montré qu'il pouvait potentiellement monter jusqu'à 8 vol/h. À titre de comparaison, on considère qu'une ventilation mécanique peut au mieux offrir un débit de 3 vol/h. Les simulations thermodynamiques prévoient moins de 30 heures de température intérieure au-dessus de 28 °C, ce qui permet, dans le cadre du référentiel HQE®, d'obtenir le niveau « très performant » sur la cible « Confort hygrothermique ».

**Le béton permet l'installation d'un plancher chauffant**

L'installation d'un plancher chauffant permet d'éviter la sensation d'inconfort liée au sol froid et contribue à la recherche du confort optimal en maintenant la température du sol entre 20 et 26 °C, fourchette de températures où la satisfaction de l'occupant est maximum.

12-Courbe-3-5-2.jpg

### Chauffage au sol et bâtiment basse consommation

« Le chauffage par le sol convient bien aux constructions modernes, bien isolées, où une température de sol à peine supérieure à l'ambiante suffit pour maintenir une température confortable, alors qu'il ne convient pas aux bâtiments mal isolés, dans lesquels la température du sol doit être supérieure à 28 °C pour compenser les déperditions thermiques. »

Claude-Alain Roulet, Professeur honoraire à l'École polytechnique fédérale de Lausanne qui a concentré ses travaux de recherches sur le confort hygrothermique au sein des bâtiments.

**Le béton inhibe la croissance des moisissures**

L'Association technique de l'industrie des liants hydrauliques (ATILH) a demandé au CSTB de caractériser le comportement du

béton face à une contamination fongique par *cladosporium sphaerospermum*. Les échantillons ont été placés, dans l'obscurité, à une température de 25 °C et une humidité relative de 98 %. Au terme d'une observation microscopique de 28 jours, le CSTB conclut qu'aucune croissance fongique n'a été observée par microscope sur les produits testés, ce qui traduit « une propriété fongistatique » du béton, autrement dit, une capacité à inhiber la croissance des moisissures. D'autre part, les mesures de **biomasse** fongique réalisées au terme de l'essai sur les éprouvettes propres et encrassés (avec une solution nutritive directement assimilable par le micro-organisme) sont venues confirmer cette propriété fongistatique.

### Pas de mention de la pollution microbiologie sur l'étiquette sanitaire

« On peut regretter que l'étiquetage sanitaire des matériaux du bâtiment ne concerne que les**COV** et ne s'intéresse pas à la résistance aux moisissures de ces derniers. »

Suzanne Deoux, spécialiste en oto-rhino-laryngologie et fondatrice du bureau d'études Medieco, spécialisé dans les problématiques de santé appliquées au bâtiment.

## Les autres facteurs du confort hygrothermique

#### Limiter la pénétration des rayonnements solaires directs

Le meilleur moyen de se protéger du risque de surchauffe estivale est d'empêcher les rayonnements solaires directs de pénétrer dans le bâtiment durant les périodes les plus chaudes. Les seules protections solaires efficaces sont celles installées à l'extérieur. Si, pour les façades orientées sud, le brise-soleil placé à l'horizontal au-dessus d'une ouverture convient bien, il est déconseillé pour les orientations sud-ouest et sud-est car les rayons y arrivent inclinés. Il faut alors recourir à des protections solaires verticales comme des stores à lamelles.

### Limiter les apports externe et interne de calories

« Il faut partir en guerre contre les bâtiments sur-vitrés ou mal protégés du soleil et réduire massivement les consommations internes d'électricité, source principale des surchauffes. »

Olivier Sidler, directeur du bureau d'étude Enertech.

#### Surventiler après un dégât des eaux

Après tout dégât des eaux, il est nécessaire de sur-ventiler le bâtiment, naturellement ou mécaniquement, afin d'évacuer l'humidité. L'Observatoire de la qualité de l'air intérieur a constaté, suite à ses campagnes d'observation, que les 5 % des habitations visitées présentant un taux d'humidité supérieur à 63 % avaient, pour beaucoup d'entre elles, connu un dégât des eaux.

De la même manière, il convient également de sur-ventiler un bâtiment durant ses deux premières années de vie de manière à évacuer l'eau accumulée durant le chantier.

#### Prévenir les remontées d'eau par le sol

Lorsque le terrain est faiblement perméable (argile, limon…) ou qu'il est en pente vers le bâtiment, l'Agence Qualité Construction recommande d'installer, sous le niveau de dallage, un tuyau de drainage tout le long des façades. Ce tuyau devra être logé dans des graviers de manière à ce que l'eau s'y écoule facilement. Séparer l'espace habité du terrain par un vide sanitaire ou une cave offrant des aérations peut également limiter la remontée d'eau par le sol.

### Proscrire les déshumidificateurs

« Nous déconseillons le recours aux déshumidificateurs car ce sont des équipements qui mal entretenus se transforment en source de polluants. »

Claude-Alain Roulet, Professeur honoraire à l'École polytechnique fédérale de Lausanne qui a concentré ses travaux de recherches sur le confort hygrothermique au sein des bâtiments.

**Découvrez l'ensemble de la revue**

Cet article est extrait de **B45. Bâtiment et santé. Bien-être et bien vivre : les solutions béton**

Auteur

**Gaétan Alomar**

**Retrouvez toutes nos publications sur les ciments et bétons sur infociments.fr**

**Consultez** les derniers projets publiés
**Accédez** à toutes nos archives
**Abonnez-vous** et gérez vos préférences
**Soumettez** votre projet

Article imprimé le 26/11/2026 © infociments.fr