

MÉTHODOLOGIE

Quels indicateurs pour caractériser le confort d'été dans un bâtiment ?

BILLET N°3

Dans les billets sur les fichiers météo ([billet n°1](#), [billet n°2](#)), nous avons vu que les études de confort doivent être réalisées avec un fichier météo dimensionnant, c'est-à-dire présentant des vagues de chaleur estivales au moins aussi intenses que les vagues de chaleur observées les dernières années.

Une fois cette hypothèse actée, comment caractériser le confort thermique estival ?

Dans ce billet, nous étudions la pertinence de différents indicateurs fréquemment rencontrés dans les programmes ou référentiels environnementaux.

TEMPÉRATURE MAXIMALE À NE PAS DÉPASSER (PAR EXEMPLE : MOINS DE 50H AU-DESSUS DE 28°C)

Avec un fichier météo dimensionnant, et quels que soient les dispositifs passifs mis en place pour lutter contre l'inconfort estival, le nombre d'heures où le bâtiment présentera une température d'air ou une température opérative* supérieure à 28°C a de grandes chances de dépasser 50 heures.

Cela signifie-t-il que les bâtiments sans refroidissement actif sont voués à être inconfortables ? Et non ! Cela met surtout en avant la faiblesse des indicateurs « nombre d'heures avec une température dépassant 28°C ».

En effet, le confort thermique dépend de plusieurs paramètres, principalement :

- 1 La température de l'air (ou « température sèche »),
- 2 Le rayonnement énergétique reçu par les occupants. Dans un bâtiment, il est proportionnel à la moyenne des températures de surface des parois d'un local (température radiante) (*on ressent son impact en passant de l'ombre au soleil, pour une même température d'air*),
- 3 La vitesse d'air (*une hausse de la vitesse d'air entraîne un ressenti plus froid : on le ressent lors de l'usage d'un éventail ou d'un ventilateur*),
- 4 L'habillement (*à 23°C en habits d'hiver, on a chaud, à 23°C en maillot de bain, on a froid*),
- 5 L'activité métabolique (*à 16°C, on a froid si on est statique, mais on peut avoir chaud si on pratique une activité sportive*),
- 6 L'humidité relative (*en cas d'air chaud et très humide, on ne peut se refroidir par transpiration, renforçant la sensation de chaleur. Cas peu rencontré en France métropolitaine*).

De plus, le corps humain s'adapte aux températures ressenties, via différents mécanismes comportementaux (notamment vestimentaires), physiologiques et psychologiques, qui mettent un certain temps à se mettre en place. Cela explique notamment que, *toute chose égale par ailleurs, un brestois pourra être en inconfort thermique dans une situation où un Toulousain se sentira bien*.

La température d'air comme seul indicateur n'est pas pertinent pour évaluer le confort thermique. De la même manière, la température opérative est un indicateur trop réducteur pour être pertinent.

LE DIAGRAMME DIT « DE GIVONI »

Un autre indicateur de confort fréquemment rencontré est le « diagramme de Givoni » (bien que, dans sa version fréquemment rencontrée, son auteur ne soit pas B. Givoni). Cet indicateur prend en compte la température d'air**, la vitesse d'air et l'hygrométrie.

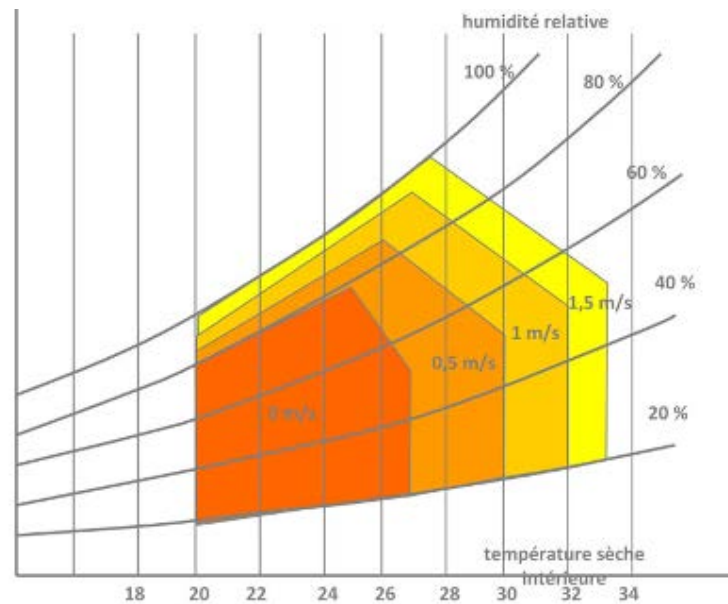


Diagramme dit « de Givoni » - Source Tribu Energie / ICEB

Il laisse donc de côté la température radiante, ainsi que l'habillement et l'adaptation du corps humain, alors que ce phénomène semble plus impactant que l'hygrométrie, dans le cas d'un bâtiment correctement ventilé en France métropolitaine.

Par ailleurs, l'hygrométrie est en pratique mal modélisée par certains logiciels de STD, et les apports hydriques sont aujourd'hui peu pris en compte dans les STD, faute de jeux d'hypothèses faisant autorité (quelle sont les apports hydriques liés à une douche ? une bouilloire ? du linge qui sèche ? des plantes vertes ? etc...)

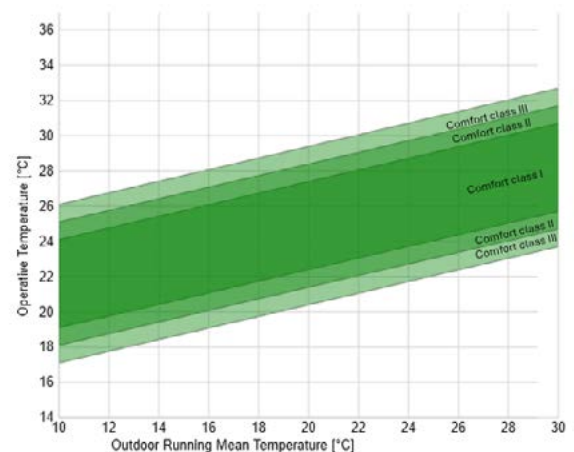
Le diagramme de Givoni reste insuffisant pour caractériser correctement le confort thermique en conception, car il néglige des paramètres très impactants tout en intégrant un paramètre peu impactant et mal modélisé en conception.

LE CONFORT ADAPTATIF

La norme 16798-1 (norme en vigueur définissant les ambiances thermiques à prendre en compte pour la conception des bâtiments) indique que pour les bâtiments non refroidis activement, et sous certaines conditions, l'indicateur pertinent est le confort adaptatif, tel que défini dans son paragraphe B2.2.

Cet indicateur de confort relie la température opérative* maximum acceptable le jour J aux températures extérieures des jours précédents (J-1 à J-5), en considérant que les occupants s'adapteront à ces températures extérieures, notamment en modifiant leur habillement.

S'il a fait beau et chaud les jours précédents, on remisera les pulls au placard, ce qui permettra d'être confortable dans un bâtiment avec une température opérative plus élevée.



NOTE: Method is applicable only for buildings without mechanical cooling systems and where there is easy access to operable windows and occupants may freely adapt their clothing to the indoor and/or outdoor thermal conditions. The criteria for the spaces are the following. (a) There is no mechanical cooling or heating system in operation; (b) Metabolic rates ranging from 1.0 to 1.3 met; (c) Occupants are allowed to freely adapt their clothing insulation.

Confort adaptatif - Source : Norme 16798-1 & CBE, Berkeley University

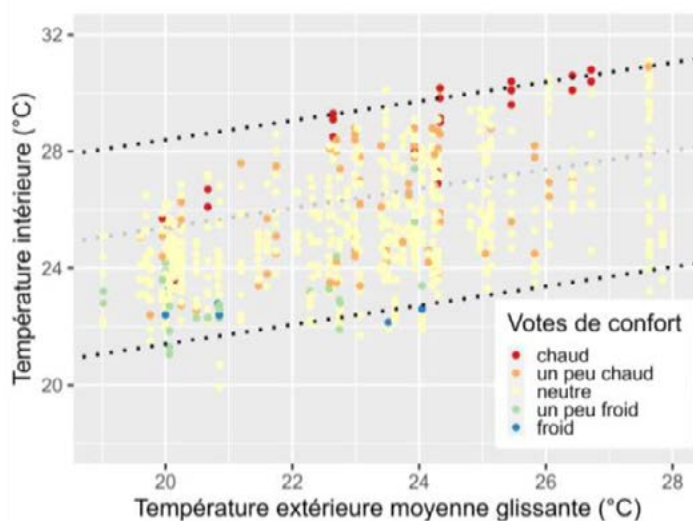
De plus, cet indicateur prend en compte la vitesse d'air via une réduction de la température opérative selon le tableau suivant :

Vitesse d'air moyenne (m/s)	0.6	0.9	1.2
Réduction de la température opérative (°C)	1.2	1.8	2.2

Cet indicateur prend donc en compte la majorité des phénomènes régissant la sensation de confort (température d'air, température radiante, vitesse d'air, adaptation des occupants notamment via l'habillement), pour des niveaux métaboliques et d'humidité relativement courants.

Par ailleurs, contrairement aux autres indicateurs présentés ici, il est capable de mettre en avant des inconforts en mi-saison, liés à une variation trop rapide de la température intérieure.

Enfin, il propose des limites d'inconfort modulées en fonction de la fragilité des occupants (personnes âgées, nourrissons...).



Cet indicateur est conforté par des études de terrain, comme le montre le graphique ci-dessous (Cédric Schreck, Aurélie Foucquier, Simon Rouchier, Etienne Wurtz. Analyse statistique du confort thermique estival dans un bureau naturellement ventilé. IBPSA France, May 2022)

Les conditions de validité de cet indicateur sont : un bâtiment non refroidi activement, dans lesquels les occupants ont :

- Une activité sédentaire (logement, bureau, scolaire hors sportif...),
- La possibilité de choisir leur habillement,
- La possibilité d'agir sur la vitesse d'air (ouverture de fenêtre, ventilateurs),
- La possibilité d'agir sur le rayonnement solaire (volets, stores, etc...).

Ces conditions regroupent la majorité des bâtiments sans refroidissement actif. Pour les bâtiments pour lesquels ces critères ne sont pas réunis, la norme en vigueur recommande d'utiliser l'indicateur du Predicted Mean Vote (PMV), qui prend en compte les 6 critères principaux de confort, mais sans les relier aux températures extérieures des jours précédents.

Le confort adaptatif, défini par la norme en vigueur, est l'indicateur le plus complet pour caractériser le niveau de confort. Il est pertinent de l'utiliser pour caractériser le confort dans la plupart des bâtiments sans refroidissement actif.

Les bâtiments pour lesquels il ne s'applique pas sont notamment les salles de sport et les bâtiments où le port de l'uniforme est obligatoire.

Chez EODD nous avons donc pris le pli pour le dimensionnement du confort dans les bâtiments d'avoir systématiquement recours à cette notion de confort adaptatif, dès lors que ses conditions de validités sont remplies. Dans le prochain article nous détaillerons les outils que nous utilisons pour caractériser ce confort.

Dans l'article suivant, nous présenterons les outils mis en place chez EODD pour s'assurer que toutes les conditions sont réunies dans un bâtiment pour assurer le confort d'été de ses occupants.

CONSULTEZ LES AUTRES BILLETS DE LA SÉRIE :

Billet n°1 : MÉTHODOLOGIE - Quel fichier météo utiliser pour les études de confort thermique des bâtiments ?

Billet n°2 : MÉTHODOLOGIE - Quel fichier météo utiliser pour les études de confort thermique dans les bâtiments ?

Billet n°4 : MÉTHODOLOGIE - Quels outils pour caractériser le confort d'été dans un bâtiment ?

Notes :

* : température opérative : Le terme température opérative est utilisé ici pour désigner la moyenne entre la température de l'air et la température radiante. C'est donc la simplification communément admise de la température résultante sèche en l'absence de mouvement d'air.

** : Certains utilisent le diagramme de Givoni avec la température opérative. C'est une erreur, ou en tout cas une approximation peu rigoureuse.

Tout d'abord, le diagramme défini par B. Givoni est explicitement basé sur la température sèche (température d'air). La prise en compte de la température radiante est faite indirectement via l'élargissement de la zone de confort permise en cas de forte inertie (zone 4 dans le diagramme ci-dessous) :

1. Confort d'hiver
2. Confort d'été
3. Ventilation traversante
4. Inertie et ventilation sélective
5. Refroidissement par évaporation
6. Humidification
7. Systèmes solaires passifs

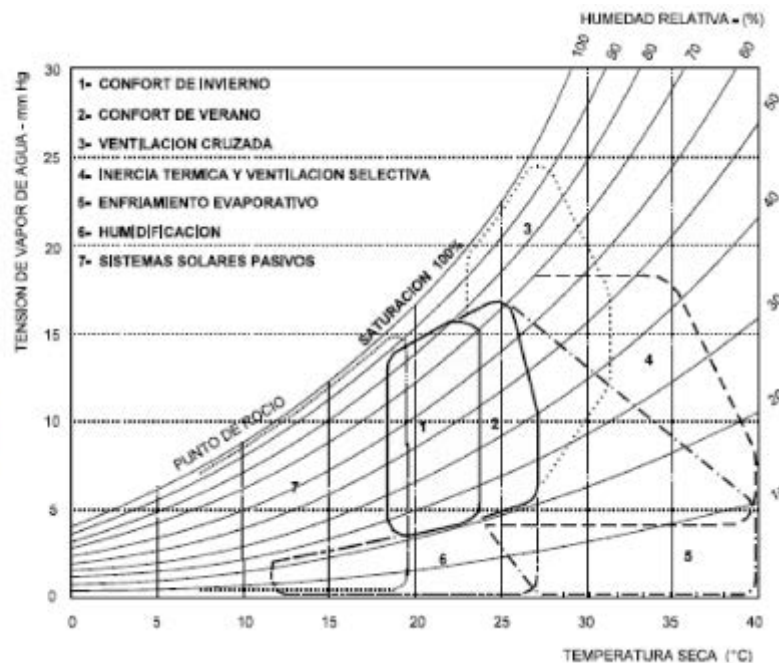
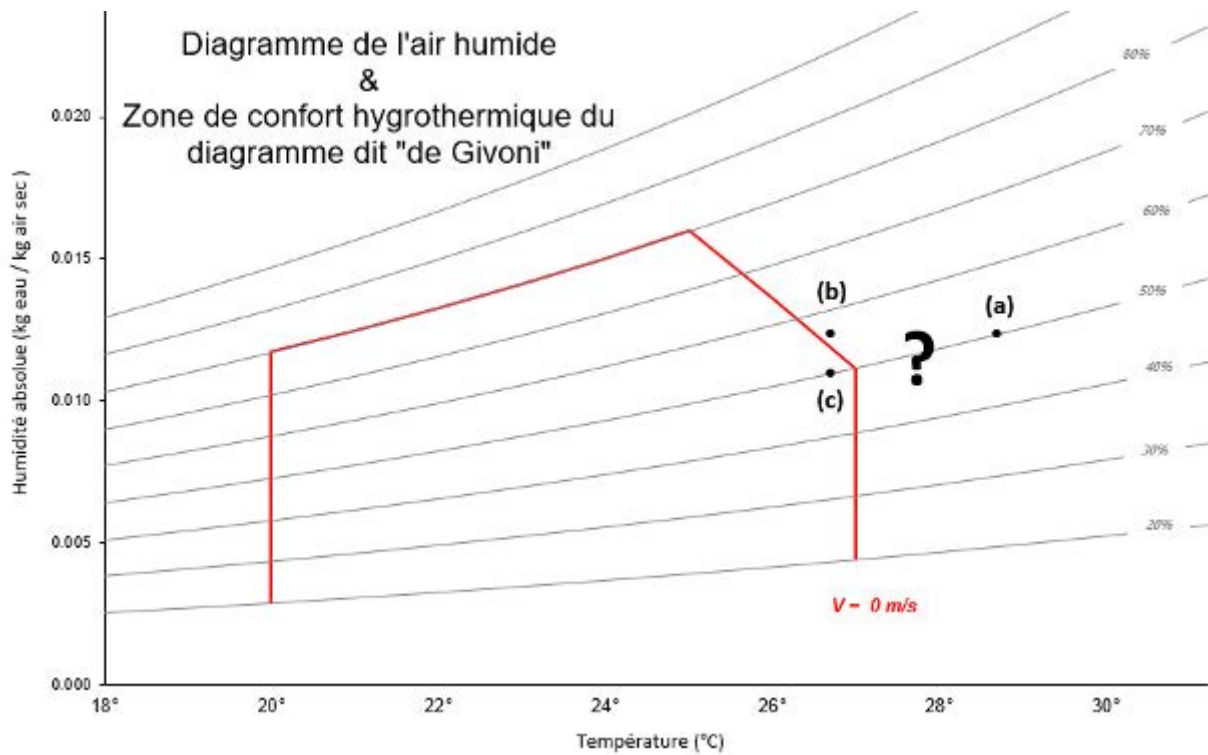


Diagramme de Givoni - source Diaz. M.L

De plus, utiliser la température opérative au lieu de la température d'air dans un diagramme de l'air humide revient à introduire une grande part d'aléatoire dans la lecture des résultats ; ainsi, sur le diagramme suivant, où placer le point :

- Température d'air = 28.7°C,
- Vitesse d'air < 0.5 m/s,
- Température opérative = 26.7 °C,
- Humidité relative = 50%,
- Poids d'eau = 12.3 gr/kg



- a. au point 28.7°C / 12.3g/kg donc 50% ?
 - résultat : inconfortable
 - placement ne prenant pas en compte le rayonnement
- b. au point 26.7/ 12.3g/kg donc 56% ?
 - résultat : inconfortable
 - placement faussant l'humidité relative
- c. au point 26.7°C/ 50% donc 10.9g/kg ?
 - résultat : confortable,
 - placement faussant l'humidité absolue

L'usage de la température opérative dans le diagramme de l'air humide n'est pas donc pas cohérent.