



Direction des études
Mission Santé-sécurité au travail dans les fonctions publiques (MSSTFP)

AMBIANCE THERMIQUE

Introduction

Le mercredi 6 août 2003, en première page du journal Libération, on pouvait lire : « Il fait trop chaud pour travailler » et en sous-titre : « Au bureau, au pressing ou à l'usine, chacun en bave. La législation devrait-elle s'adapter à la canicule ? ». Un article décrivait en effet les pénibles conditions de travail des travailleurs employés dans des activités aussi diverses que celles du B.T.P., du ramassage des ordures ménagères, de la restauration, de la surveillance des prisonniers... ou tout simplement du travail dans les bureaux dépourvus de « clim ».

La canicule de l'été 2003 a en effet révélé, entre autres, toute l'importance des ambiances thermiques pour la santé et la sécurité des travailleurs, alors que ce thème est paradoxalement couvert de façon très superficielle par la réglementation du travail, qu'il s'agisse d'ailleurs des ambiances chaudes comme des ambiances froides.

Principaux textes

Réglementation

- Les articles L. 4121-1, (principes généraux de prévention), R. 4225-4 (eau potable), R. 4222-1 (renouvellement de l'air), R. 4213-7 et 8 (conception des locaux permettant d'adapter la température à l'organisme), R. 4225-1 (protection contre les intempéries) du code du travail traitent, directement ou indirectement du problème des ambiances thermiques.
- **Normes**
 - Norme NF EN 27243. Ambiances chaudes. Estimation de la contrainte thermique de l'homme au travail, basée sur l'indice WBGT (température humide et de globe noir).
 - Norme NF EN ISO 7730. Ambiances thermiques modérées. Détermination des indices PMV et PPD et spécifications des conditions de confort thermique.
 - Norme NF EN 12515. Ambiances thermiques chaudes. Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondées sur le calcul de la sudation requise.
 - Norme NF EN 8996. Ergonomie. Détermination de la production de chaleur métabolique.

- Norme NF EN ISO 9886. Ergonomie des ambiances thermiques. Principes et application des normes internationales pertinentes.
- Norme NF EN ISO 11399. Evaluation de l'astreinte thermique par mesures physiologiques.
- Norme NF EN ISO 10551. Ergonomie des ambiances thermiques. Evaluation de l'influence des ambiances thermiques à l'aide d'échelles de jugements subjectifs.
- Norme NF EN ISO 12894. Ergonomie des ambiances thermiques. Surveillance médicale des personnes exposées à la chaleur ou au froid extrêmes.

Bibliographie

- Fiches pratiques d'analyse des conditions de travail, collection « outils et méthodes », A.N.A.C.T. 1988.
- Les Ambiances Thermiques, Cahiers des Comités, O.P.P.B.T.P., avril 1989.

Ce qu'il faut retenir

La réglementation en la matière fixe des principes très généraux de telle façon qu'il est à chaque fois nécessaire lorsqu'on se trouve confronté à un problème d'ambiance thermique, de procéder à une analyse des situations de travail concrètes, en tenant compte des paramètres physiques de l'ambiance thermique (températures sèche, humide et de rayonnement, et vitesse de l'air) mais aussi de l'activité des travailleurs. Il est alors possible de se référer à un ensemble de normes afin de concevoir des activités futures ou de corriger des situations de travail existantes.

Les normes disponibles, élaborées par des scientifiques et des ergonomes, constituent des recommandations mais n'ont cependant pas de valeur contraignante à l'égard des chefs d'entreprises ou des chefs de services.

Caractérisation du risque

Les ambiances thermiques peuvent entraîner des effets pathologiques, des effets sur les performances (travail musculaire, activités sensorimotrices) et des effets sur le confort.

Le corps échange de la chaleur avec le milieu par 4 modes de transmissions: **conduction** (des matériaux peuvent être directement au contact de la peau), **convection** (échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'air ambiant, **rayonnement** (tous les corps émettent et absorbent de l'énergie calorifique transmise sous forme de rayonnement électromagnétique) et par **évaporation** (ce qui constitue une perte de chaleur pour l'organisme : l'air expiré est plus chaud et plus humide que l'air inspiré, et au niveau de la peau, l'évaporation disperse l'eau sécrétée par les glandes sudoripares).

Une ambiance thermique se caractérise également par la production de **chaleur métabolique** (l'activité de toutes les cellules, consiste en mouvements ininterrompus de matière, c'est-à-dire de travail au sens physique) et par **l'influence du vêtement** (qui constitue une barrière entre la peau et l'ambiance, influant sur les échanges de chaleur et l'évaporation).

Le **bilan thermique** est la somme des flux produits et des flux échangés avec l'environnement.

Effets physiologiques des ambiances thermiques

La régulation thermique a pour objet le maintien à un niveau relativement constant de la t° moyenne du corps. La thermorégulation agit selon le besoin soit sur la production de chaleur métabolique, soit sur le transfert interne de chaleur (débit sanguin cutané) soit encore sur le transport externe de chaleur entre la peau et l'ambiance (débit sudoral).

Un mécanisme d'**acclimatement** intervient lorsque les expositions sont répétées. Une meilleure tolérance apparaît et les réactions de l'organisme sont atténuées. Le débit sudoral est augmenté, les températures corporelles sont plus basses, et la fréquence cardiaque se stabilise à un niveau inférieur.

En milieu industriel, il convient de considérer tout nouvel embauché ou tout nouveau muté comme non acclimaté pendant les 15 premiers jours de son travail.

Avec l'**exercice musculaire**, la production de chaleur métabolique augmente, ce qui implique que l'organisme doit perdre davantage de chaleur. Dans une ambiance froide, l'augmentation du métabolisme contribue à équilibrer le bilan thermique. Dans une ambiance chaude par contre les astreintes physiologiques sont augmentées : le débit sudoral devra être plus important de manière à réaliser le débit évaporatoire requis ; la température corporelle devra être plus élevée et le transport interne de chaleur devra être accru (le débit sanguin qui ravitaille les muscles en oxygène assure en même temps le transport de la chaleur vers la peau).

En matière de **performance**, les ambiances chaudes contribuent à la détérioration de la précision dans l'exécution du travail. Les ambiances froides peuvent altérer les activités sensorimotrices (perte de sensibilité tactile, altération de la motricité).

Pour les activités à forte composante musculaire, la compétition entre la fonction de transport d'oxygène et celle de transport de chaleur explique la baisse des capacités de travail physique. (Des études ont mis en évidence des baisses de 90 % du travail physique effectué pendant un temps donné par des mineurs lorsque la température passe de 27 à 36 °C).

La perception des ambiances thermiques

La sensation thermique dépend d'influences liées à l'ambiance (température sèche de l'air, température moyenne de rayonnement, vitesse de circulation d'air, humidité ambiante) et à l'individu (activité, isolation due aux vêtements).

Pour des postes de travail « sédentaires », les recommandations visant au confort sont une température ambiante de 19 à 24 °C, une vitesse d'air inférieure à 0,25 m/s et une humidité relative de 30 à 70 %.

Les valeurs « de confort » proposées par les normes ou les recommandations sont des valeurs moyennes car il y a une énorme variabilité intra et surtout interindividuelle de la sensation.

Evaluation globale des ambiances thermiques : Plusieurs méthodes sont proposées par les normes.

Ambiances chaudes

L'évaluation de la sudation requise: Cette méthode peut paraître ardue malgré les possibilités d'utiliser des diagrammes. Il s'agit de déterminer de façon analytique le degré de sollicitation, avec une méthode d'évaluation de la contrainte thermique subie par une personne, basée sur la comparaison entre la quantité de sueur qu'il est nécessaire d'évaporer et ce qui physiologiquement, est possible pour équilibrer le bilan thermique (qui dépend de l'état d'acclimatement et de l'activité).

La tolérance d'une situation de travail fait intervenir à la fois le degré de sollicitation et le facteur temps. On en déduit une durée limite d'exposition en fonction de l'ambiance thermique considérée, de l'activité et des vêtements portés par l'opérateur.

L'indice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) : Il correspond à une pondération entre la t° de rayonnement et la t° humide naturelle. Des valeurs repères correspondant à une exposition maximale ont été établies en fonction du métabolisme de l'opérateur au travail qui peut être déterminé par mesure de la consommation d'oxygène ou par estimation à partir de tables de référence. En cas de dépassement, il y a lieu de réduire la contrainte thermique par action sur l'environnement, sur le niveau d'activité, ou sur le temps de présence. Des corrections sont à apporter en fonction des vêtements et de l'acclimatement.

La température effective corrigée: L'ambiance thermique est évaluée à l'aide d'un seul indice, intégrant température, rayonnement, humidité et vitesse de l'air. Connaissant la dépense énergétique, on peut alors prévoir l'astreinte de l'opérateur.

Ambiances froides

L'évaluation se fait en tenant compte du métabolisme calorique requis : il convient de déterminer le bilan thermique et d'en déduire l'augmentation du métabolisme calorique permettant d'équilibrer celui-ci. Pour des travaux en chambres froides par exemple, on peut considérer que l'opérateur est généralement bien protégé contre le froid au moyen de vêtements adaptés.

Le repérage des ambiances froides peut s'effectuer de manière simplifiée au moyen du Wind Chill Index : « Indice de refroidissement par le vent ». Une norme existe à ce sujet.

Evaluation d'une ambiance dans la zone de confort

Une ambiance confortable est celle pour laquelle les paramètres physiologiques tels que la température de la peau et le débit sudoral sont à une valeur optimale.

Les normes ont établi des échelles. Par exemple, on pourra considérer qu'un groupe d'individus sera satisfait du climat si l'indice PMV (valeur moyenne des votes donnés par un groupe de personnes exposées à la même ambiance) est égal à zéro, sur une échelle à 7 points (+3 = très chaud; + 2 = chaud; +1 = légèrement chaud; 0 = ni chaud ni froid; - 1 = légèrement froid; - 2 = froid; -3 = très froid), tandis que le pourcentage de personnes insatisfaites (indice PPD) sera voisin de 5 %. Autrement dit, pour une ambiance thermique considérée comme « idéale », 5 % de la population s'estimera de toute façon insatisfait. Lorsque l'on s'éloigne de cette valeur optimale, (vote moyen = 0), le pourcentage de personnes insatisfaites augmente très rapidement.

Moyens de prévention et de protection

Un diagnostic doit d'abord permettre de repérer la principale source de nuisance. Il est possible de mesurer les paramètres de l'ambiance de travail: t° de rayonnement, t° sèche et humide de l'air, vitesse de l'air. Une estimation des métabolismes de travail et des tenues vestimentaires permettra de caractériser la contrainte thermique inhérente à la situation de travail.

Les actions possibles sur la contrainte thermique chaude :

Protection contre les apports de chaleur externes (chaleur solaire) :

Il est possible d'agir sur les parois opaques par la réduction du flux de chaleur absorbé (peinture aluminisée, peinture blanche, chaux...), par l'évacuation vers l'extérieur du flux de chaleur absorbé (arrosage des parois) et en augmentant l'inertie thermique de la paroi (choix du matériau adéquat, doubles parois...).

La protection des parois vitrées procède des mêmes principes: augmentation du coefficient de réflexion des vitres (vitres doubles séparées par une pellicule de cuivre...); augmentation de la résistance thermique (doubles vitrages à couche de gaz interposée).

Afin de limiter le conflit entre l'éclairage et le chauffage il faut choisir une orientation favorable à l'éclairage et pas trop défavorable en ce qui concerne le flux de chaleur solaire. Lorsque l'éclairage est zénithal, l'orientation classique est le nord (par exemple toits en sheds). Lorsque l'éclairage est latéral, l'orientation la plus favorable des parois vitrées est le sud. Enfin, il est toujours possible de réduire le flux de chaleur mais également l'éclairage, par des stores, de préférence extérieurs.

Protection contre les sources de chaleur intérieures :

Il s'agit de réduire les apports en provenance des sources de chaleur inhérentes au processus de fabrication. Il est possible d'évacuer les dégagements de chaleur par convection au moyen d'ouvertures en haut du bâtiment, ou en installant des hottes aspirantes. La protection contre les radiations thermiques peut être assurée par des écrans ou doubles écrans séparés une couche d'air formant un courant et évacuant une partie de la chaleur.

Ventilation des locaux :

Ayant réduit au minimum les apports de chaleur extérieurs et intérieurs, il est possible de corriger la t° de l'air à l'intérieur des bâtiments par une ventilation adéquate, utilisant soit l'air extérieur, soit de l'air préalablement traité.

Protection individuelle contre la chaleur :

Lorsqu'il est impossible de réaliser une ambiance thermique tolérable, des moyens de protection individuels doivent être prévus afin de réduire le métabolisme (mécanisation des opérations entraînant une charge physique de travail trop importante), de limiter la durée d'exposition, ou de créer à proximité un microclimat tolérable (cabines climatisées, vêtements de protection...)

Les actions possibles sur la contrainte thermique froide :

Une tenue vestimentaire adéquate permet d'assurer un bilan thermique nul.

Outre la protection individuelle que constitue le vêtement on peut aussi réaliser une t° moyenne de rayonnement élevée avec des rampes à infrarouge.

Les actions sur l'astreinte physiologique :

La réaction physiologique dépend de l'état d'acclimatement, de l'âge, de la condition physique, du sexe et de l'origine ethnique. Un acclimatement naturel est obtenu après une quinzaine de jours d'exposition. La tolérance au chaud ainsi qu'au froid diminuent avec l'âge.

L'aptitude physique est un facteur important dans la tolérance au chaud et au froid. L'augmentation de la capacité cardiovasculaire favorise le transport interne de chaleur, l'entraînement stimule les glandes sudoripares, augmentant fortement le débit sudoral maximal possible.

Alimentation et boissons :

En cas d'expositions au froid, l'équilibre du bilan thermique implique une augmentation de la dépense énergétique, donc un accroissement de la ration alimentaire.

En cas d'expositions prolongées et répétées à la chaleur, l'équilibre du bilan thermique implique une augmentation importante de la déperdition de chaleur par évaporation, assurée par un accroissement du débit sudoral entraînant des pertes d'eau pouvant atteindre jusqu'à 10 litres par jour et de sodium qui doivent être compensées par des apports équivalents.