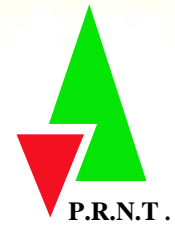


Aïcha Baraka
Corinne Puny
Claire Watenberg



MASTER PREVENTION DES RISQUES ET NUISANCES
TECHNOLOGIQUES
FACULTE DE PHARMACIE- MARSEILLE

Règles thermiques



Année universitaire 2004-2005

Sommaire

Introduction	4
I) Comprendre la thermique	5
1 Quelles définitions.....	5
2 Le bilan thermique.....	5
a) La conduction.....	5
b) La convection	6
c) Le rayonnement	6
d) L'évaporation.....	6
e) Interprétation des résultats du bilan thermique	7
3 Les différentes notions d'ambiance thermique	7
a) Ambiance thermique neutre	7
b) Ambiance thermique froide	7
c) Ambiance thermique chaude	7
4 Les effets de la thermique sur l'homme	7
a) L'organisme humain : une adaptation à la thermique	7
b) Effets physiologiques.....	8
II) La réglementation	10
1 Article L.230-2 du code du travail.....	10
2 Article R.230-1 du code du travail.....	11
3 Article R.235-2-9 du code du travail	12
4 Circulaire du 14 Avril 1995.....	13
III) Norme afnor : ISO 7730 (ou NF X 35-203) : une norme pour le confort.....	14
1 Le domaine d'application	14
2 L'indice du Vote Moyen Prévisible (PMV).....	15
a) Détermination du PMV	15
b) Applications du PMV	15
3 L'indice du Pourcentage Prévisible D'insatisfaits (PPD)	15
4 Les gênes engendrées par un courant d'air	15
5 Ambiance thermique acceptable pour le confort	16
6 Quelques chiffres :	16
a) Exemples de conditions de confort.....	16
b) Les seuils ou limites d'exposition au chaud.....	17
c) Les seuils ou limites d'exposition au froid.....	17
IV) La norme RT 2000 (RT 2000)	18
1 Qu'est ce que la réglementation thermique 2000 ?	18
2 Confort thermique en été	18
3 Confort thermique en hiver	20
4 Les enjeux de la réglementation thermique 2000.....	22
a) Un enjeu environnemental	22
b) Un enjeu social.....	22
c) Un enjeu économique	22
5 Les outils de la réglementation thermique 2000.....	22
a) Les logiciels de calculs.....	22
c) Les solutions techniques	23

Règles Thermiques

V) La réglementation thermique 2005 (RT 2005)	24
1 La réglementation thermique 2005, pourquoi ?	24
2 Les orientations de la RT2005	24
VI) La démarche HQE (Haute Qualité Environnemental)	26
1 Qu'est ce que la démarche HQE ?	26
2 Les cibles HQE concernant l'isolation thermique	26
a) <i>Cible 2 : Choix des procédés et produits de construction</i>	26
b) <i>Cible 4 : Gestion de l'énergie</i>	27
c) <i>Cible 8 : Confort hygrothermique</i>	27
d) <i>Cible 12 : Conditions sanitaires</i>	27
3 Quels matériaux isolants choisir lors d'un projet HQE ?	27
4 Les aides financières de l'ADEME	28
Conclusion	29
Bibliographie	30

Introduction

L'ambiance thermique est un des facteurs les plus importants du confort dans l'habitat ou au travail pour l'homme.

En effet, les ambiances thermiques humaines jouent un rôle principal sur l'ensemble du corps humain.

Les sensations thermiques du corps du travailleur sont influencés par l'activité physique et les vêtements portés ainsi que par l'environnement : température, moyenne de rayonnement, vitesse de l'air et humidité de l'air.

Il est donc important de réglementer ces divers facteurs environnementaux et de mettre en place des moyens afin d'apporter un confort thermique satisfaisant pour le plus grand nombre d'occupants d'un même local.

Après un bref rappel sur les définitions relatif au confort thermique, nous exposerons les différentes réglementations et normes à appliquer sur un lieu de travail.

Enfin nous évoquerons un comparatif entre les consommations françaises et étrangères.

I) Comprendre la thermique

L'ambiance thermique au travail est un facteur important au dans le travail au quotidien pour le confort de l'employé car les températures extrêmes, qu'elles soient chaudes ou froides, peuvent provoquer des effets gênants et parfois mortels chez l'homme.

Certaines définitions sont à savoir afin de bien comprendre ces impacts et de pouvoir ainsi mettre en place les réglementations nécessaires à la santé du travailleur.

1 Quelles définitions

Température cutanée :

La température de la peau de l'homme se situe habituellement entre 28 et 36°C. L'enveloppe corporelle sert de tampon thermique : elle peut absorber de la chaleur tant qu'elle n'a pas elle-même atteint la température interne.

Cette dernière commence à augmenter lorsque la température de la peau à l'extérieur l'a rejointe.

Inversement l'enveloppe corporelle peut perdre de la chaleur vers l'extérieur sans que diminue la température interne pour de brèves périodes. Pour des périodes plus longues, un équilibre est nécessaire.

La température interne :

Variante habituellement peu autour de 37°C chez l'homme, elle peut se modifier quand le système tampon de l'enveloppe ne peut plus jouer son rôle, ou quand la quantité de chaleur absorbée par le corps dépasse largement les possibilités de calories à l'extérieur.

2 Le bilan thermique

Le bilan thermique d'un individu correspond à l'ensemble des échanges de chaleur subit par l'organisme. Il s'évalue par la somme algébrique des différents flux de chaleurs produits et échangés avec l'environnement.

Ces différents flux sont représentés par les quatre modalités suivantes : la conduction, la convection, le rayonnement et l'évaporation.

a) La conduction

Echange de chaleur entre deux corps solides en contact, (organisme peut être assimilé à un solide).

La conduction thermique est fonction de :

- La différence de température entre les deux corps,
- La conductivité thermique du solide en contact,
- L'épaisseur du solide,
- La surface de contact entre la peau et le solide.

Règles Thermiques

NB : Les vêtements des travailleurs permettent de négliger la conductivité face aux trois autres modalités.

b) La convection

Echange de chaleur entre l'organisme et le fluide qui l'entoure (liquide ou gaz).

Elle dépend de :

- La vitesse du fluide,
- La température de l'air,
- La température de la peau.

Les mouvements de convection facilitent l'élimination de la sueur et donc le refroidissement extérieur du corps.

La convection est représentée par la lettre «**C**».

c) Le rayonnement

Echange de chaleur entre un organisme vivant et un corps, c'est à dire l'émission d'infra-rouge des corps chauds vers les corps froids.

Cette valeur est représentée par la lettre «**R**».

d) L'évaporation

Elle est le moyen le plus efficace et usité pour éliminer la chaleur produite par les corps humains. Elle peut s'effectuer sous différentes formes :

- Par la perte de vapeur d'eau par les poumons,
- par la respiration,
- Par la sudation (évaporation d'eau par la voie cutanée).

La sudation reste le moyen le plus efficace pour l'évaporation d'eau et de chaleur ; en effet un litre de sueur évaporé correspond à une perte de chaleur de 580 kcal).

L'évaporation correspond à la lettre «**E**».

NB : Un air sec est l'une des conditions favorables à la sudation.

Ces quatre types de mécanismes quantifiables au travers de la Norme NF X35-204 de décembre 1982, permettant d'évaluer la contrainte thermique sur le travailleur.

Ainsi le bilan thermique d'un individu s'exprime :

$$\text{Bilan} = M \pm R \pm C - E$$

M représentant le métabolisme énergétique général de l'organisme, comprenant le métabolisme de base et le métabolisme d'exercice.

Règles Thermiques

Le métabolisme de base est la quantité de chaleur produite par un homme au repos. Pour ce qui est du travail musculaire 75 à 80% de l'énergie utilisée est transformée en chaleur à l'intérieur de l'organisme.

e) Interprétation des résultats du bilan thermique

La situation idéale pour le travailleur se produit lorsqu'il se situe en zone de neutralité thermique c'est à dire lorsque le bilan est égal à 0.

Lorsque le bilan est supérieur à 0, l'organisme est en hyperthermie et emmagasine de la chaleur.

Si le bilan est inférieur à 0, c'est l'hypothermie, le corps perd plus de chaleur qu'il en gagne ou qu'il en produit.

3 Les différentes notions d'ambiance thermique

Dans les locaux de travail et de vie, on peut avoir trois styles d'ambiance thermique :

a) Ambiance thermique neutre

Le flux de chaleur est évacué par la convection et le rayonnement, à l'exclusion de toute vapeur sudorale.

b) Ambiance thermique froide

Les flux convectifs et radiatifs font à eux seuls perdre plus de chaleur que n'en produit le métabolisme énergétique.

L'organisme perd de la chaleur, ce qui a pour conséquence un refroidissement ou une mise en jeu des mécanismes de lutte contre le froid.

c) Ambiance thermique chaude

Lorsque les flux convectifs et radiatifs sont insuffisants pour évacuer le métabolisme énergétique, l'organisme met en route l'évaporation de la sueur.

Pour ces deux dernières ambiances, tant que les mécanismes physiologiques de lutte sont suffisants pour assurer un nouvel équilibre thermique, nous parlerons d'ambiance tolérable.

Lorsque ces mécanismes sont saturés, l'équilibre ne peut plus être assuré, c'est pourquoi il est indispensable de déterminer des durées limites d'exposition.

4 Les effets de la thermique sur l'homme

a) L'organisme humain : une adaptation à la thermique

La régulation thermique a pour objet le maintien à un niveau relativement constant du contenu calorique du corps et du niveau des températures corporelles : on parle d'homéothermie.

Règles Thermiques

L'homme est un homéotherme, il doit donc stabiliser sa température interne à 37°C, en dépit des variations de la température extérieure.

Il s'agit d'un équilibre entre la **thermogenèse** (production de chaleur) et la **thermolyse** (perte de chaleur).

Pour adapter la production et les pertes caloriques, l'organisme dispose de :

➤ **Thermodétecteurs au chaud et au froid** répartis dans les organes et au niveau cutané-muqueux.

Ils présentent une sensibilité statique (fonction du niveau de température) et une sensibilité dynamique (fonction de la vitesse de variation de la température).

➤ **Thermorégulateurs** situés dans le cerveau et qui comparent la température du corps à un moment "t" à la température de référence (37°C) et commandent les différentes adaptations nécessaires qui sont :

- ✓ La *thermogenèse* de réchauffement déclenchée par la lutte contre le froid,
- ✓ Le *transfert interne de chaleur* par redistribution de débit sanguin en modifiant la fréquence cardiaque et par le jeu de la vasoconstriction (rétrécissement des vaisseaux sanguins) et de la vasodilatation,
- ✓ Le *transfert externe* de la chaleur (régulation par sudation),
- ✓ L'*acclimatation*.

b) Effets physiologiques

Les ambiances thermiques des locaux ont sur l'homme des effets physiologiques et des impacts différents et plus ou moins gênants selon les températures.

- En ambiances chaudes.

L'augmentation de la température dans de locaux provoque, chez l'individu, des contraintes physiologiques importantes et de ce fait, différents effets en découlent.

➤ **Astreintes physiologiques :**

Les astreintes ou réactions physiologiques de l'organisme sont les conséquences de contraintes qui s'exercent sur lui.

- ✓ **Astreinte thermostatique.**

Elles sont liées aux variations de température des différentes parties de l'organisme. L'organisme mettra en place différents processus afin de maintenir ses températures interne et cutanée constantes.

- ✓ **Astreinte circulatoire.**

Le réchauffement de l'organisme oblige l'augmentation du débit sanguin.

Règles Thermiques

✓ Astreinte sudorale

Pour lutter contre l'excès de chaleur, grâce au processus d'évaporation, l'organisme va éliminer de la sueur proportionnellement à la quantité de chaleur excédentaire.

➤ Impacts sur l'homme :

Les répercussions de l'augmentation de température se manifestent chez l'homme de différentes manières :

- ✓ Œdème de chaleur,
- ✓ Déshydratation,
- ✓ Crampes de chaleur,
- ✓ Accès d'excitation
- ✓ Coup de chaleur,
- ✓ Insolation,
- ✓ Troubles cutanés,
- ✓ Epuisement par la chaleur,
- ✓ Impact sur l'œil,
- ✓ Effet sur le comportement.

□ En ambiances froides

Afin de faire face à une diminution de la température, l'organisme met en place des mécanismes d'adaptation.

➤ Mécanismes d'adaptations

- ✓ La vasoconstriction des vaisseaux cutanés pour diminuer les surfaces d'échange avec l'extérieur,
- ✓ La diminution de la sudation jusqu'à son arrêt,
- ✓ L'augmentation de la production de chaleur par travail musculaire et frissons thermiques.

➤ Impacts sur l'homme :

Quand la température devient trop basse, le corps subit des répercussions de différentes sortes et plus ou moins graves.

- ✓ Engelures,
- ✓ Gelures,
- ✓ Phénomène de Reynaud,
- ✓ Hypothermie à défense maximale,
- ✓ Hypothermie à défense minimale.

II) La réglementation

La réglementation du code du travail concernant les ambiances thermiques dans les locaux, se réfère à 3 articles et à la circulaire du 14 Avril 1995.

1 Article L.230-2 du code du travail

Article L230-2

(Loi n° 91-1414 du 31 décembre 1991 art. 1 Journal Officiel du 7 janvier 1992 en vigueur le 31 décembre 1992)

(Ordonnance n° 2001-175 du 22 février 2001 art. 1 Journal Officiel du 24 février 2001)

(Loi n° 2002-73 du 17 janvier 2002 art. 173 Journal Officiel du 18 janvier 2002)

(Loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003 art. 8 I Journal Officiel du 31 juillet 2003)

I. - Le chef d'établissement prend les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs de l'établissement, y compris les travailleurs temporaires. Ces mesures comprennent des actions de prévention des risques professionnels, d'information et de formation ainsi que la mise en place d'une organisation et de moyens adaptés. Il veille à l'adaptation de ces mesures pour tenir compte du changement des circonstances et tendre à l'amélioration des situations existantes.

II. - Le chef d'établissement met en oeuvre les mesures prévues au I ci-dessus sur la base des principes généraux de prévention suivants :

- a) Eviter les risques ;
- b) Evaluer les risques qui ne peuvent pas être évités ;
- c) Combattre les risques à la source ;
- d) Adapter le travail à l'homme, en particulier en ce qui concerne la conception des postes de travail ainsi que le choix des équipements de travail et des méthodes de travail et de production, en vue notamment de limiter le travail monotone et le travail cadencé et de réduire les effets de ceux-ci sur la santé ;
- e) Tenir compte de l'état d'évolution de la technique ;
- f) Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux ;
- g) Planifier la prévention en y intégrant, dans un ensemble cohérent, la technique, l'organisation du travail, les conditions de travail, les relations sociales et l'influence des facteurs ambiants, notamment en ce qui concerne les risques liés au harcèlement moral, tel qu'il est défini à l'article L. 122-49 ;
- h) Prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle ;
- i) Donner les instructions appropriées aux travailleurs.

III. - Sans préjudice des autres dispositions du présent code, le chef d'établissement doit, compte tenu de la nature des activités de l'établissement :

Règles Thermiques

a) Evaluer les risques pour la sécurité et la santé des travailleurs, y compris dans le choix des procédés de fabrication, des équipements de travail, des substances ou préparations chimiques, dans l'aménagement ou le réaménagement des lieux de travail ou des installations et dans la définition des postes de travail ; à la suite de cette évaluation et en tant que de besoin, les actions de prévention ainsi que les méthodes de travail et de production mises en oeuvre par l'employeur doivent garantir un meilleur niveau de protection de la sécurité et de la santé des travailleurs et être intégrées dans l'ensemble des activités de l'établissement et à tous les niveaux de l'encadrement ;

b) Lorsqu'il confie des tâches à un travailleur, prendre en considération les capacités de l'intéressé à mettre en oeuvre les précautions nécessaires pour la sécurité et la santé ;

c) Consulter les travailleurs ou leurs représentants sur le projet d'introduction et l'introduction de nouvelles technologies mentionnées à l'article L. 432-2, en ce qui concerne leurs conséquences sur la sécurité et la santé des travailleurs.

IV. - Sans préjudice des autres dispositions du présent code, lorsque dans un même lieu de travail les travailleurs de plusieurs entreprises sont présents, les employeurs doivent coopérer à la mise en oeuvre des dispositions relatives à la sécurité, à l'hygiène et à la santé selon des conditions et des modalités définies par décret en Conseil d'Etat.

En outre, dans les établissements comprenant au moins une installation figurant sur la liste prévue au IV de l'article L. 515-8 du code de l'environnement ou visée à l'article 3-1 du code minier, lorsqu'un salarié ou le chef d'une entreprise extérieure ou un travailleur indépendant est appelé à réaliser une intervention pouvant présenter des risques particuliers en raison de sa nature ou de la proximité de cette installation, le chef d'établissement de l'entreprise utilisatrice et le chef de l'entreprise extérieure définissent conjointement les mesures prévues aux I, II et III. Le chef d'établissement de l'entreprise utilisatrice veille au respect par l'entreprise extérieure des mesures que celle-ci a la responsabilité d'appliquer, compte tenu de la spécificité de l'établissement, préalablement à l'exécution de l'opération, durant son déroulement et à son issue.

Se constituant de quatre parties, cet article met en évidence la responsabilité du chef d'établissement sur ses employés ; à savoir la protection de leur santé physique et mentale, ainsi que leur sécurité.

De plus, la notion d'information et même de consultation aux employés est présente dans cet article.

2 Article R.230-1 du code du travail

Article R230-1

(Inséré par Décret n° 2001-1016 du 5 novembre 2001 art. 1 Journal Officiel du 7 novembre 2001)

Règles Thermiques

L'employeur transcrit et met à jour dans un document unique les résultats de l'évaluation des risques pour la sécurité et la santé des travailleurs à laquelle il doit procéder en application du paragraphe III (a) de l'article L. 230-2. Cette évaluation comporte un inventaire des risques identifiés dans chaque unité de travail de l'entreprise ou de l'établissement. La mise à jour est effectuée au moins chaque année ainsi que lors de toute décision d'aménagement important modifiant les conditions d'hygiène et de sécurité ou les conditions de travail, au sens du septième alinéa de l'article L. 236-2, ou lorsqu'une information supplémentaire concernant l'évaluation d'un risque dans une unité de travail est recueillie.

Dans les établissements visés au premier alinéa de l'article L. 236-1, cette transcription des résultats de l'évaluation des risques est utilisée pour l'établissement des documents mentionnés au premier alinéa de l'article L. 236-4.

Le document mentionné au premier alinéa du présent article est tenu à la disposition des membres du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou des instances qui en tiennent lieu, des délégués du personnel ou, à défaut, des personnes soumises à un risque pour leur sécurité ou leur santé, ainsi que du médecin du travail. Il est également tenu, sur leur demande, à la disposition de l'inspecteur ou du contrôleur du travail ou des agents des services de prévention des organismes de sécurité sociale et des organismes mentionnés au 4^o de l'article L. 231-2.

En effet, l'évaluation des risques effectuer en référence à l'article précédent doit aboutir à un seul document. Celui-ci est accessible au personnel concerné, intérieur et extérieur à l'entreprise.

3 Article R.235-2-9 du code du travail

Article R235-2-9

(Inséré par Décret n° 92-332 du 31 mars 1992 art. 1 II IV, art. 5 Journal Officiel du 1er avril 1992 en vigueur le 1er janvier 1993)

Les équipements et caractéristiques des locaux de travail doivent permettre d'adapter la température à l'organisme humain pendant le temps de travail, compte tenu des méthodes de travail et des contraintes physiques supportées par les travailleurs, sans préjudice des dispositions du code de la construction et de l'habitation relatives aux caractéristiques thermiques des bâtiments autres que d'habitation.

*Nota : Décret 92-332 du 31 mars 1991 art. 5 : les dispositions de cet article ne sont pas applicables : 1^o Aux opérations de construction ou d'aménagement de bâtiments pour lesquelles la demande de permis de construire est antérieure au 1er janvier **1993**

2^o Aux opérations ne nécessitant pas de permis de construire, lorsque le début des travaux est antérieur au 1er janvier 1993.*

Règles Thermiques

Le chef d'établissement se doit de mettre en place une ambiance thermique convenable et répondant aux besoins de l'organisme humain.

4 Circulaire du 14 Avril 1995

La température des locaux de travail doit pouvoir être adaptée à l'organisme humain. La norme NFX 35-203 précise des fourchettes de températures acceptables en fonction du type d'activité des personnes.

Cette condition de température peut être obtenues par des équipement de chauffage, de ventilation, de conditionnement d'air, mais les caractéristiques des locaux doivent être également prises en compte, car l'isolement des parois et filtrage et les protections solaires sont des élément importantes pour les ambiances climatiques des locaux.

Ce texte précise nettement l'article précédent.

En effet, la température centrale du corps est stabilisée à environ 37°C, en dépit des variations extérieures.

Néanmoins, les ambiances chaudes et froides suscitent une lutte physiologique chez l'homme. Celle-ci peut se traduire par des frissonnement, ou encore la sudation.

Aussi, ces contraintes thermiques peuvent provoquée des pathologies, puisqu'elles ont pour effets une diminution des capacités mentales et physiques des opérateurs. D'ou l'importance de cette circulaire.

I.

III) Norme afnor : ISO 7730 (ou NF X 35-203) : une norme pour le confort

Le confort thermique fait aussi l'objet de normes AFNOR à appliquer. Les plus importantes d'entre elles sont :

Norme NF X 35-20 mars 1984 ISO 7243 : *Relative à l'évaluation simplifiée des contraintes thermiques des lieux de travail par l'indice (Wet Bulb Globe Temperature).*

Norme NF X 35-204 décembre 1982 : *Relative à la détermination analytique de la contrainte thermique.*

Norme NF X 35-203 / ISO 7730 décembre 1981 : *Relative au confort thermique.*

Afin de mieux comprendre ces normes sur les ambiances thermiques, nous avons étudié et synthétisé l'une d'entre elles.

La norme ISO 7730 fait partie d'une série de normes internationales prescrivant des méthodes de mesure et d'évaluation des ambiances thermiques modérées et extrêmes auxquelles l'homme est exposé.

Cette norme traite de l'évaluation des ambiances thermiques modérées.

La sensation thermique du corps dans son ensemble peut être prévue en calculant l'indice PMV (vote moyen prévisible); tandis que l'indice PPD (pourcentage prévisible d'insatisfaits) donne des informations sur l'inconfort thermique ou l'insatisfaction thermique.

L'inconfort thermique peut être causé par un refroidissement ou un réchauffement local non désiré et par un confort chaud ou froid du corps dans son ensemble.

1 Le domaine d'application

La norme ISO 7730 a pour objet de présenter une méthode de prévision de la sensation et du degré d'inconfort des personnes exposées à des ambiances thermiques modérées ; mais aussi de prescrire des conditions d'ambiances thermiques acceptables pour le confort.

Cette norme est applicable aux individus en bonne santé exposés à des ambiances intérieures où le confort thermique est recherché (des différences peuvent exister pour des sujets malades ou handicapés). Elle concerne essentiellement les environnements de travail mais peut être utilisée pour tout type d'environnement.

ISO 7730 devrait être applicable avec une bonne approximation dans la plupart des régions du monde, même si des différences géographiques et ethniques peuvent nécessiter des études supplémentaires.

2 L'indice du Vote Moyen Prévisible (PMV)

a) Détermination du PMV

L'indice PMV est basé sur un bilan thermique du corps humain. L'homme est en équilibre thermique lorsque la production interne de chaleur dans le corps est égale à la perte de chaleur vers l'ambiance.

Dans une ambiance modérée, le système de thermorégulation essaiera automatiquement de modifier la température cutanée et la sécrétion sudorale pour maintenir l'équilibre thermique.

Dans le système d'indice PMV, la réponse physiologique relative au système de thermorégulation a été réalisée grâce à un groupe important de personnes exprimant son vote de sensation thermique en se référant à une échelle à 7 niveaux : chaud (+ 3), tiède (+2), légèrement tiède (+1), neutre (0), légèrement frais (-1), frais (-2), froid (-3).

L'indice PMV peut être déterminé lorsque l'activité (production d'énergie métabolique) et le vêtement (résistance thermique) sont connus, et lorsque les paramètres de l'environnement suivants sont mesurés : température de l'air, température moyenne de rayonnement, vitesse relative de l'air et pression partielle de vapeur d'eau.

b) Applications du PMV

L'indice PMV peut être appliqué pour vérifier si une ambiance thermique donnée est conforme aux critères de confort fixés par les annexes de cette même norme.

3 L'indice du Pourcentage Prévisible D'insatisfaits (PPD)

L'indice PMV est la valeur moyenne des votes donnés par un groupe important de personnes exposées à la même ambiance.

Mais les votes individuels sont dispersés autour de cette valeur moyenne et il peut être utile de prévoir le nombre de personnes susceptibles d'être gênées par le chaud et le froid ; d'où l'indice PPD qui établit une prévision quantitative du nombre de personnes insatisfaites.

En effet, le PPD prévoit, pour un groupe important de personnes, le pourcentage de celles susceptibles d'avoir trop chaud ou trop froid, c'est à dire votant chaud (+3) tiède (+2), frais (-2), ou froid (-3) sur l'échelle de sensation thermique.

4 Les gênes engendrées par un courant d'air

Un courant d'air est un déplacement d'air entraînant un refroidissement local du corps non désiré. La gêne par courant d'air peut être exprimée par le pourcentage de la population qui serait dérangé par ce courant d'air.

Règles Thermiques

Le modèle d'évaluation de la gêne d'un courant d'air est basé sur des études réalisées sur 150 sujets exposés à des températures de 20°C à 26°C, à des vitesses moyennes de 0.005 m/s à 0.4m/s et à des intensités de turbulence de 0% à 70%.

Le modèle s'applique aux sujets réalisant une activité légère, essentiellement sédentaire, et éprouvant une sensation thermique proche de la neutralité pour le corps entier.

La gêne par un courant d'air est plus facile pour des activités plus lourdes que le travail sédentaire et pour des sujets estimant avoir plus chaud que la sensation de la neutralité.

5 Ambiance thermique acceptable pour le confort

Le confort thermique est défini comme la satisfaction exprimée quant à l'ambiance thermique.

L'insatisfaction peut être causée par un inconfort "tiède" ou "frais" pour le corps dans son ensemble exprimé par les indices PMV et PPD ; ou par un refroidissement ou un réchauffement non désiré d'une partie du corps.

Un inconfort local peut également être dû à des différences de températures anormalement élevées entre la tête et les chevilles, à un sol trop chaud ou trop froid ou à une asymétrie trop grande de rayonnement thermique, mais aussi à un métabolisme trop élevé ou à un vêtement lourd.

En raison des différences d'un individu à l'autre, il est impossible de prescrire une ambiance thermique qui puisse satisfaire chacun ; c'est pourquoi il faut prévoir des ambiances être acceptables par le plus grand nombre d'occupants.

6 Quelques chiffres :

a) Exemples de conditions de confort

- Au bureau où l'activité physique est considérée comme peu développée :
 - ✓ Température de l'air : 20 à 22°C
 - ✓ Vitesse de l'air : de l'ordre de 0.1m/s
 - ✓ Taux d'humidité : 50%

- A l'atelier pour une activité physique moyenne :
 - ✓ Température de l'air : 16 à 18°C
 - ✓ Vitesse de l'air : de l'ordre de 0.1m/s
 - ✓ Taux d'humidité : 50%

- A l'atelier pour une activité physique soutenue (manutention manuelle) :
 - ✓ Température de l'air : 14 à 16°C
 - ✓ Vitesse de l'air : de l'ordre de 0.2m/s
 - ✓ Taux d'humidité : 50%

Règles Thermiques

b) Les seuils ou limites d'exposition au chaud

- ✓ Température centrale : 40°C (coup de chaud)
- ✓ Seuil de douleur : 45°C
- ✓ 42°C : seuil d'alarme de tolérance locale
- ✓ 43°C : sensation de brûlure nette
- ✓ Brûlure : 55°C

c) Les seuils ou limites d'exposition au froid

- ✓ Temps d'exposition au froid (ne prend pas en compte le vent)
- ✓ Jusqu'à -17°C: pas de limite si la protection est suffisante
- ✓ -17°C à -34°C : séjour total intérieur à 4 heures avec une alternance de 1 heure en chambre froide et 1 heure de repos.
- ✓ -34°C à -56°C: 2 séjours en chambre froide de 30 minutes toutes les 4 heures.
- ✓ -56°C : 5 minutes par période de 8 heures.

IV) La norme RT 2000 (RT 2000)

1 Qu'est ce que la réglementation thermique 2000 ?

La réglementation thermique 2000, définie par l'arrêté du 29 novembre 2000, s'applique à tous les bâtiments neufs dont le permis de construire a été déposé après le 1^{er} juin 2001.

Lors des conférences internationales de Kyoto et de Rio, il fut décidé de s'attaquer, entre autres, aux bâtiments qui sont responsables d'environ 25% de l'effet de serre. L'objectif étant de réduire la consommation globale d'énergie afin de diminuer les émissions de gaz à effet de serre et l'importation d'énergie.

Toute personne physique ou morale qui dépose un permis de construire après le 1^{er} juin 2001, s'engage implicitement à respecter cette réglementation, au même titre que toutes les réglementations qui régissent la construction.

La RT 2000 privilégie de façon certaine l'emploi de produits certifiés. Les différents calculs s'effectuent bâtiment par bâtiment, suivant le type de chauffage, d'isolation et de construction, ainsi le résultat est réellement défini au cas par cas, et non plus par une formule globale.

Il existe tout de même quelques rares exceptions qui sont des bâtiments dont l'activité nécessite des températures bien définies :

- ✓ les bâtiments dont la température ambiante est inférieure à 12°C
- ✓ Les piscines et patinoires
- ✓ Les bâtiments d'élevage
- ✓ Les bâtiments industriels chauffés et/ou climatisés exclusivement pour un process

2 Confort thermique en été

Les exigences de la RT 2000 ont pour objectif de limiter les surchauffes en été.

Pour être conforme, dans les bâtiments non climatisés, il faut que la température intérieure de confort (T_{ic}) en été ne dépasse pas une température intérieure de référence ($T_{icréf}$).

$$T_{ic} < T_{icréf}$$

La RT 2000 prévoit deux voies pour respecter l'exigence :

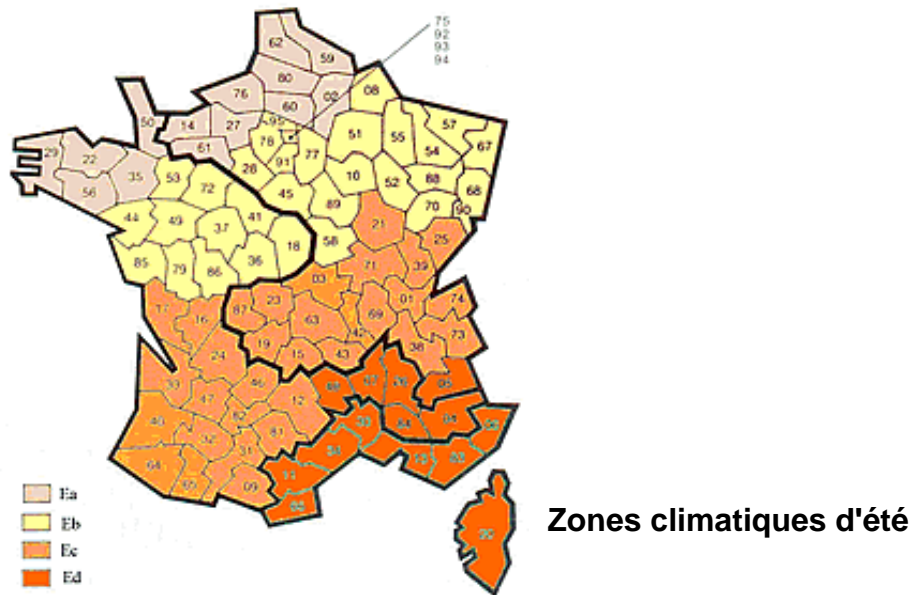
➤ Vérifier que la protection solaire de chaque baie est au moins égale à celle prise en référence. Méthode simple d'utilisation, mais conduisant à un verdict oui/non laissant peu de place à l'optimisation.

Règles Thermiques

- Vérifier par le calcul que $T_{ic} \leq T_{icréf}$ (T_{ic} Température intérieure conventionnelle) pour valoriser :
 - ✓ Les systèmes de ventilation d'été
 - Les masques architecturaux : débords de toiture, pare-soleil, etc...
 - L'inertie séquentielle : par exemple un plancher, un refend ou un mur lourd augmente l'inertie.

Dans tous les cas, il faut respecter les garde-fous :

- ✓ Vérifier que les baies de chaque local courant s'ouvrent sur au moins 30% de leur surface pour garantir la possibilité d'aérer.



- ✓ Vérifier que chaque baie de chambre a une protection solaire minimale (facteur solaire inférieur ou égal au facteur solaire de référence).

Il est aussi nécessaire que la consommation globale (C) du bâtiment ne dépasse pas une consommation de référence ($C_{réf}$).

$$C < C_{réf}$$

La consommation globale prend en compte :

- ✓ L'isolation du bâtiment avec tous les ponts thermiques
- ✓ La consommation du moteur de VMC
- ✓ Le rendement du générateur de chaleur et d'ECS (Eau Chaude Sanitaire)
- ✓ Les pertes de chaleur des réseaux de distribution et des générateurs de chauffage et d'ECS quand ils sont en volumes non chauffés
- ✓ Le rendement de la régulation
- ✓ Pour les bâtiments autre que d'habitation, la consommation de l'éclairage.

3 Confort thermique en hiver

Enfin, chaque paroi donnant sur l'extérieur ou un local non chauffé ($T_{\text{amb}} < 12^{\circ}\text{C}$) doit avoir une isolation (U) supérieure ou égale aux minima réglementaires (U_{max})

$$U < U_{\text{max}}$$

De même, chaque élément constitutif du système de chauffage (chaudière, plaque à plots, régulation, générateur d'ECS) doit être conforme à la RT2000.

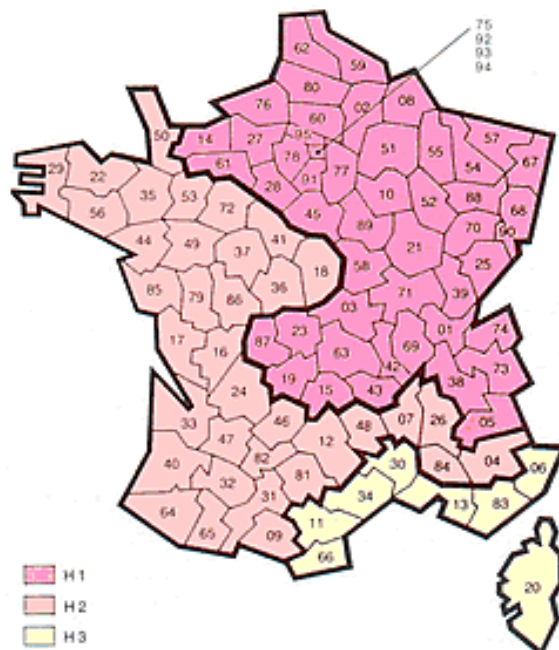
Toutes les valeurs de références sont répertoriées dans des tableaux comme l'exemple qui suit.

Pour calculer les valeurs de référence, on considère que tous les éléments constitutifs du bâtiment ont la valeur «de référence».

Le coefficient " $U_{\text{bât}}$ ", caractérise l'effort d'isolation du bâtiment.

Ce coefficient représente les pertes au travers d'un mètre carré de paroi extérieure du bâtiment pour 1°C d'écart entre la température intérieure et la température extérieure.

Il est exprimé en $\text{W}/\text{K}\cdot\text{m}^2$. " $U_{\text{bât}}$ " est équivalent au " U_{moyen} " des coefficients surfaciques, linéiques et ponctuels de l'enveloppe, pondérés par leurs surfaces ou leurs linéaires correspondants, pour 1 m^2 de paroi extérieure



Zones climatiques d'hiver

Règles Thermiques

Exemple de prestations permettant d'atteindre le niveau de référence ($U_{réf}$) et de garde-fou (U_{max}) sur les parois courantes du bâtiment en zones H1 et H2

Paroi	$U_{réf}$	Exemples pour valeur de référence	U_{max}	Exemple pour garde-fou
Murs en contact avec l'extérieur ou avec le sol	0.40	<ul style="list-style-type: none"> • PSE Th 38 10 + 80, R=2.15 • PSE dB35 13+77, R= 2.25 • PSX 10+60, R= 2.20 	0.47	<ul style="list-style-type: none"> • PSE Th 38 10+70, R=1.90
Plancher sous comble	0.23	<ul style="list-style-type: none"> • Laine de verre 160mm, R=4 	0.30	<ul style="list-style-type: none"> • laine de verre 140mm R=3.5
Rampants de combles aménagés	0.23	<ul style="list-style-type: none"> • panneau de toiture Fibratéc plâtre PSE 160mm, R=4.15 	0.30	<ul style="list-style-type: none"> • panneau de toiture Fibratéc plâtre PSE 120mm, R=3.15
Toitures terrasses	0.30	<ul style="list-style-type: none"> • Unimat terrasse 100mm, R=2.95 • Styrodur 3035S 80mm, R=2.85 	0.36	<ul style="list-style-type: none"> • Unimat terrasse 90mm, R=2.65 • Styrodur 3035S 70mm, R=2.50
Plancher bas sur extérieur ou parking	0.30	<ul style="list-style-type: none"> • Fybrastyroène FY 150FE, R=3.25 • Domisol coffrage 120mm, R=3.15 • Rockfeu 520 120mm, R=3.15 	0.36	<ul style="list-style-type: none"> • Fybrastyroène FY 125FE, R=2.65 • Domisol coffrage 100mm, R=2.65 • Rockfeu 520 100mm, R=2.65
Plancher bas sur vide sanitaire	0.30	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevous PSE 120mm languette épaisseur 70mm, $K_p=0.28$ R=3.20 • Entrevous DUO PSE120mm languette épaisseur 30mm, isolant PSE Th 35mm sous chape , $K_p=0.32$ R=280 	0.43	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevous PSE 120mm languette 1 épaisseur 40mm, $K_p=0.43$ R=2.00
Plancher bas sur terre-plein	0.30	<ul style="list-style-type: none"> • Unimat sol 60 mm R=1.45 • Styrodur 2505 40mm, R=1.40 	0.43	<ul style="list-style-type: none"> • 1.50m d'isolant R>1.4 en périphérie
Fenêtres porte-fenêtre prises nues	et 2.40	<ul style="list-style-type: none"> • châssis PVC quelconque $U_f=2.5$, DV 4-12-4 2,90 peu émissif $e_n=0.15$ $U_g=1.9$ 	2.90	<ul style="list-style-type: none"> • châssis PVC quelconque $U_f=2.5$, DV 4-12-4 clair $U_g=2.7$

Ces 3 conditions doivent être respectées simultanément

$$C < C_{réf}$$

$$U < U_{max}$$

$$T_{ic} < T_{icréf}$$

4 Les enjeux de la réglementation thermique 2000

a) Un enjeu environnemental

Cette nouvelle réglementation répond à la volonté du gouvernement de réduire les consommations d'énergie des bâtiments qui contribuent pour plus du quart à la production des gaz à effet de serre, conformément aux accords de Rio et de Kyoto.

Conformément au programme national de lutte contre le changement climatique, arrêté en janvier 2000, les exigences de la réglementation thermique pour les bâtiments neufs seront renforcées progressivement tous les cinq ans (voir RT 2005, paragraphe suivant).

b) Un enjeu social

La maîtrise des coûts et la diminution des loyers ont guidé l'élaboration de la réglementation thermique 2000, pour favoriser la solvabilité des ménages. Les récentes évolutions tarifaires des différentes énergies nécessitent de limiter les consommations par un nouveau renforcement des performances thermiques des logements.

c) Un enjeu économique

La réglementation thermique 2000 s'appuie sur des méthodes de calculs et des caractéristiques de produits largement définies dans des normes européennes. C'est un plus pour la compétitivité de l'ingénierie, des techniques et produits français sur les marchés à l'exportation.

5 Les outils de la réglementation thermique 2000

La diversité des projets de construction et des acteurs impliqués a conduit à prévoir deux modes d'application pour permettre à chacun de trouver une approche bien adaptée à ses conditions de travail : des logiciels de calcul et des solutions techniques.

a) Les logiciels de calculs

La conception de la réglementation thermique repose sur une modélisation précise des phénomènes physiques pris en compte. Le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) a développé deux méthodes de calculs pour calculer la consommation et la température conventionnelle ainsi que leurs valeurs de référence :

- Th-C (pour le calcul des consommations d'énergie dans le bâtiment)
- Th-E (pour le calcul des températures pour le confort d'été)

dont les algorithmes sont annexés à l'arrêté "caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments".

Ces outils aideront les professionnels à déterminer les solutions les plus appropriées pour chaque type de bâtiment.

c) Les solutions techniques

Les constructeurs pourront se référer à des solutions techniques attachées à des familles de bâtiments définies par leur destination et leurs principes constructifs et architecturaux (petit gymnase en bois, locaux scolaires, maisons individuelles en maçonnerie...).

Chaque solution technique indique les combinaisons de produits et d'équipements, repérés par leurs caractéristiques thermiques fournies par l'étiquetage ou le fabricant, qui garantissent le respect de la consommation d'énergie de référence et du confort d'été fixé par la réglementation.

Industriels, constructeurs ou concepteurs pourront élaborer leurs propres solutions techniques mais elles devront recevoir, au préalable, l'agrément du Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement pour que leur application ait valeur de respect de la réglementation thermique 2000.

V) La réglementation thermique 2005 (RT 2005)

1 La réglementation thermique 2005, pourquoi ?

Un renforcement des exigences sur la réglementation thermique est nécessaire tous les 5 ans en priorité pour :

- Intégrer l'évolution des techniques et favoriser l'innovation,
- Les exigences en cohérence avec l'offre actuelle.

2 Les orientations de la RT2005

Les principales orientations de la RT 2005 sont décrites dans les lignes suivantes.

Tout d'abord il faut :

- Renforcer les exigences sur les références et les garde-fous de certains équipements,

- Exprimer la consommation en valeur absolue en kWh/m²/an et en g de CO₂ (aujourd'hui $C < C_{réf}$ en kWh),

- Faire un diagnostic de performance énergétique : il est nécessaire de mettre en place une estimation plus fiable et plus réaliste de la consommation d'énergie et de lutter contre l'augmentation de l'effet de serre ; l'Europe doit mettre en concordance ses indices en définissant un maximum à cette consommation,

- Poursuivre la valorisation des énergies renouvelables. L'énergie solaire thermique est intégrée dans l'arrêté du 22 décembre 2003. L'énergie solaire photovoltaïque sera intégrée par arrêté en 2004. Enfin, une évolution des références vers des systèmes utilisant les énergies renouvelables sera utile.

- Intégrer la climatisation dans le calcul des consommations

Deux principes :

- ✓ Limiter fortement la consommation des bâtiments climatisés,
- ✓ Valoriser les systèmes de rafraîchissement passifs.

- Renforcer les exigences de confort d'été
 - ✓ Améliorer la qualité climatique à l'intérieur des bâtiments,
 - ✓ Inertie thermique,
 - ✓ Conception bioclimatique.

- Favoriser la conception bioclimatique avec une meilleure prise en compte des apports solaires,

Règles Thermiques

- Une prise en compte de l'implantation du bâtiment,
- Renforcer les exigences sur certains postes :
 - ✓ Eclairage dans les bâtiments non résidentiels,
 - ✓ Installations de chauffage électrique,
 - ✓ Systèmes de ventilation.

Parmi les autres priorités de RT 2005, on peut y trouver la prise en compte des spécificités des bâtiments tertiaires avec leurs typologies architecturales et leurs équipements.

Un objectif de diminution d'au moins 10% de la consommation moyenne d'une construction neuve sera aussi fixé pour cette nouvelle réglementation.

La mise en œuvre de la nouvelle réglementation pourra se faire avec un appel aux compétences des professionnels sera lancé pour :
Pour la climatisation et l'approche bioclimatique, une association des architectes et des professionnels de la climatisation
Mais complément de la réglementation dans la continuité de la RT 2000

La parution du texte se fera le dernier trimestre 2005 avec une application pour juin 2006.

VI) La démarche HQE (Haute Qualité Environnemental)

1 Qu'est ce que la démarche HQE ?

La démarche HQE appliquée à un projet de bâtiment consiste à prendre en compte des critères environnementaux en plus de critères classiques, lors des études préalables, de la programmation, de la conception, de la réalisation, et en vue de l'exploitation et pour certain jusqu'au démantèlement du bâtiment.

Les objectifs sont de maîtriser les impacts sur l'environnement extérieur et de créer un environnement intérieur confortable et sain. Cela revêt des aspects techniques, architecturaux et organisationnels : c'est essentiellement une pratique. La plupart des règles sont des règles de bons sens.

Outre la satisfaction de donner l'exemple en réduisant les pollutions, les projets de construction écologique HQE permettent de :

- Réduire les coûts pour le maître d'ouvrage et pour le gestionnaire (l'employeur),
- Garantir la qualité d'usage,
- Valoriser le projet de construction (image).

2 Les cibles HQE concernant l'isolation thermique

La HQE répertorie 14 cibles environnementales sur lesquelles il est possible d'agir lors de la réalisation d'un projet.

Parmi ces cibles, quatre concernent directement ou indirectement l'isolation thermique des locaux :

a) Cible 2 : Choix des procédés et produits de construction

Les choix des produits de construction dont font partie les matériaux d'isolation) sont liés principalement aux critères suivants :

- Les investissements en matières premières et en énergie dans la production des matériaux et composants et leur transport;
- Les économies d'énergie et la satisfaction des cibles "confort",
- Les contraintes de maintenance,
- Les possibilités de décontraction (recyclage),
- Les conséquences sur la cible "santé".

Le quatrième critère concerne directement les problèmes liés au choix des produits utilisés pour l'isolation des locaux. Il s'apparente au principe de précaution.

On connaît aujourd'hui des matériaux ou des composants plus recyclables que d'autres, qu'ils conviennent donc de choisir.

Ce critère est devenu très important depuis le scandale de l'amiante.

Règles Thermiques

b) Cible 4 : Gestion de l'énergie

Il s'agit ici de renforcer l'isolation de l'enveloppe afin de récupérer la chaleur (par exemple dégagée par les équipements) et ainsi d'économiser l'énergie indispensable pour chauffer les locaux.

Il est intéressant de comprendre qu'une conception réfléchie permet de limiter les coûts de fonctionnement (installation d'une climatisation par exemple).

Ces économies sont effectuées essentiellement sur la consommation d'énergie et d'eau.

c) Cible 8 : Confort hygrothermique

La conception architecturale est l'élément principal de la cible "confort".

En améliorant la qualité de vie des usagers des locaux construits, la démarche HQE contribuerait à diminuer le taux d'absentéisme au sein des entreprises ainsi que les accidents et maladies professionnelles.

d) Cible 12 : Conditions sanitaires

Ces critères reprennent l'ensemble des caractéristiques du bâtiment ayant un rapport direct ou indirect avec l'hygiène et la santé :

- Ensoleillement,
- Ventilation,
- Hygrométrie,
- Isolation...

Ces différents paramètres peuvent avoir un impact sanitaire comme l'apparition de moisissures et le développement des acariens.

3 Quels matériaux isolants choisir lors d'un projet HQE ?

Outre les critères classiques s'ajoutent aujourd'hui des critères de respect de l'environnement.

Ainsi, on pourra citer les nouveaux critères suivants :

- Toxicité pour l'environnement,
- Préservation des ressources naturelles sensibles,
- Energie mobilisée,
- Bilan CO₂,
- "Recyclabilité".

Il reste aujourd'hui difficile de faire un choix entre les différents matériaux existant. Les raisons sont le manque d'information sur les produits, leurs procédés de fabrication, leur "recyclabilité" effective. D'autre part, plusieurs critères entrent en jeu, ce qui rend les comparaisons délicates. Le choix final résulte alors d'un compromis.

Règles Thermiques

Aspects négatifs : Les isolants minéraux mobilisent de l'énergie et ne ont pas biodégradables. Les isolants dérivés du pétrole génèrent des productions toxiques dans leur cycle de vie.

Aspects positifs : ces isolants sont les plus performants, ils permettent donc de réduire les dépenses d'énergie. Les isolants issus du pétrole comportent du carbone, que l'on préfère voir fixé à l'état solide plutôt que transformé en CO2 dans les processus de combustion.

Cependant, il existe des produits dits "écologiques" tels que le Cellubio Ouate ou le chanvre qui sont à 90% naturels et répondent dans aux exigences de respect de l'environnement souhaitées par la démarche HQE.

Celles ci ont permis, grâce à son évolution, une reconnaissance des performances des matériaux isolants naturels.

4 Les aides financières de l'ADEME

Dans le cadre des aides à la décision, l'ADEME peut financer à concurrence de 50% l'assistance à maîtrise d'ouvrage, en amont et tout au long du projet, afin d'aider à sa définition et à son suivi. D'éventuels surinvestissements justifiés par la démarche HQE peuvent, en outre, être financés dans le cadre d'opérations exemplaires.

Les délégations régionales de l'ADEME sont les interlocuteurs des maîtres d'ouvrage, en relation avec l'ensemble des acteurs régionaux et nationaux, notamment dans le cadre d'un partenariat avec l'association HQE.

Durant ces cinq dernières années, les premiers grands bâtiments publics à caractère environnemental affirmé ont vu le jour : les lycées HQE.

Conclusion

Les ambiances thermiques sont importantes dans la vie quotidienne des individus.

Ainsi le confort thermique est soumis à des réglementations et des normes nécessaires afin d'apporter, sans cesse des améliorations pour les travailleurs.

Grâce à ces lois et normes en vigueur, définissant les principales règles et les outils essentiels à la thermique, on peut considérer que, de nos jours, le travailleur et les résidents vivent dans une ambiance thermique adéquate afin d'être au maximum de leur capacités.

Toutefois des progrès restent encore à faire notamment en vue de diminuer au maximum les impacts sur l'effet de serre.

C'est pourquoi la révision tous les 5 ans de la réglementation thermique et la mise en place de RT 2005 pour cette année avenir va permettre de compléter ce qui est déjà établi.

La mise en place de ces réglementations demande des études approfondies sur la conception des bâtiments, sur le chauffage et la climatisation des locaux de travail, afin d'améliorer les conditions de travail.

Bibliographie

Les ambiances thermiques, Institut Universitaire de Médecin du Travail, Rennes, 10 juin 1999

CD-ROM des éditions législatives : « Santé et Sécurité au Travail », mise à jour de Novembre 2004.

Site Internet :

Site qui rassemble toute la législation française : www.legifrance.fr

Site discutant de l'essentiel de RT 2000 : www.rt2000.net

Site sur le bureau d'étude Cardonne : www.cardonnel.fr

Site sur le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment : www.cstb.fr