

# Impacts sanitaires et énergétiques des installations de climatisation

Etablissements de santé  
Etablissements accueillant  
des personnes âgées

## **CONTRIBUTION AU PLAN CANICULE**

**En partenariat avec le CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment)**



26 juillet 2004

- **Composition du groupe de travail**

Bedouin J (CSC)

Brosseau M (DHOS)

Carmes J (DGS)

Cochet C (CSTB)

Delalande D (MEDD)

Dixsaut G (AFSSE)

Dupuy d'Uby A (ADEME)

Durier F (CETIAT)

Feldmann C (COSTIC)

Fleury E (CSTB)

Gauvin S (AFSSE),

Hutin F (MEDD),

Ledoyen D (DGS),

Maignaud JM (CSC)

Meyer R (MIES)

Roger S (DGAS)

Squinazi F (LHVP)

Tchilian N (DGS)

Voisin J (DGAS)

Zmirou-Navier D (AFSSE)

Ce rapport a été soumis pour relecture et commentaires à J. P. BESANCENOT, du CNRS (Université de Dijon, Faculté de Médecine)



COURRIER REÇU LE

26 NOV 2003

3907

**MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU  
DEVELOPPEMENT DURABLE**  
Direction des études économiques et  
de l'évaluation environnementale

**MINISTÈRE DE LA SANTÉ, DE LA FAMILLE  
ET DES PERSONNES HANDICAPÉES**  
Direction générale de la santé  
DGS/SD7C/573

Le directeur général de la santé

Le directeur des études économiques et de  
l'évaluation environnementale

à

Madame la directrice  
Agence Française de Sécurité Sanitaire  
Environnementale  
27-31 Avenue du Général Leclerc  
94701 MAISONS ALFORT

Paris, le 24 NOV. 2003

**Objet :** effets sur la santé des installations de climatisation

Madame la directrice générale,

Le développement des systèmes de climatisation, principalement dans les bureaux et dans une moindre mesure dans les habitations, a engendré une recrudescence de plaintes, voire de pathologies chez des personnes occupant des locaux ainsi équipés. Des parlementaires s'en sont inquiétés et ont fait parvenir récemment des courriers à la direction générale de la santé, évoquant la nécessité d'une part, d'un entretien obligatoire de ces installations, dans toutes leurs parties, y compris les gaines de distribution d'air, et d'autre part, de la réalisation d'études scientifiques sur les conséquences sanitaires de la climatisation. En outre, l'épisode de la canicule de cet été conduit à estimer que certaines personnes (notamment les populations les plus sensibles) vont se doter de systèmes de climatisation tant individuels que collectifs.

C'est pourquoi, nous sollicitons l'expertise de votre agence dans le but de procéder à une évaluation des risques sanitaires liés aux installations de climatisation, notamment dans les hôpitaux, les immeubles de bureaux, les crèches, les écoles, ainsi que dans l'habitat collectif voire individuel. Une attention particulière pourrait être portée sur l'exposition des populations dites sensibles (personnes présentant des terrains allergiques, personnes âgées, enfants, travailleurs postés etc.).

Nous souhaitons que l'AFSSE, à partir d'une évaluation des connaissances scientifiques en la matière, se penche en particulier sur la pertinence des indicateurs actuellement utilisés dans la réglementation française (taux de dioxyde de carbone fixé par le Règlement Sanitaire Départemental type, débits de ventilation fixés dans diverses réglementations ayant trait soit à l'habitat, soit aux milieux de travail), établisse un état comparatif avec ceux utilisés dans les réglementations étrangères dont celles des pays de l'Union européenne, et propose, le cas échéant, des indicateurs complémentaires.

Nous vous saurions gré de bien vouloir nous communiquer un rapport d'étape sur les premiers résultats de vos travaux pour le mois d'avril 2004.

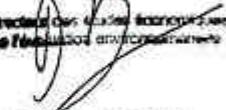
Nous vous prions d'agréer, Madame la directrice générale, l'assurance de notre considération distinguée.

**Le directeur général de la santé**



**Professeur William DAB**

**Le directeur des établissements de santé  
et de l'évaluation des performances**



**Dominique BUREAU**



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU  
DEVELOPPEMENT DURABLE  
Direction des études économiques et  
de l'évaluation environnementale

N° 118

MINISTÈRE DE LA SANTÉ, DE LA FAMILLE  
ET DES PERSONNES HANDICAPÉES  
Direction générale de la santé

Le directeur général de la santé

Le directeur des études économiques et de  
l'évaluation environnementale

à

Madame la directrice  
Agence Française de Sécurité Sanitaire  
Environnementale  
27-31 Avenue du Général Leclerc  
94701 MAISONS ALFORT

Paris, le 26 FEV. 2004

COURRIER REÇU LE

27 FEV. 2004

5092

**OBJET :** effets sur la santé des installations de climatisation

Madame la directrice générale,

Comme suite à notre courrier du 24 novembre 2003 concernant une demande d'expertise sur les installations de climatisation dans certains bâtiments, et ainsi que vous en avez déjà été informée en tout début d'année, nous souhaiterions que l'évaluation des risques sanitaires liée à ce type d'installations porte en priorité sur les établissements de santé de court, moyen et long séjour ainsi que sur les établissements recevant ou pouvant recevoir des personnes âgées. En effet, le rapport de l'IGAS concernant la mission d'expertise et d'évaluation du système de santé pendant la canicule 2003 souligne notamment la nécessité d'analyser les priorités d'équipements de ces établissements en installations de climatisation.

L'évaluation des risques devra être complétée d'une analyse sur les bénéfices engendrés par l'installation de tels équipements. Nous vous demandons également de nous indiquer quelles pourraient être les solutions technologiquement les mieux adaptées pour les établissements précités. A cet effet vous voudrez bien tenir compte des exigences en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre et des réflexions engagées dans le cadre de la préparation du plan climatisation envisagé par le ministère de l'écologie et du développement durable

Nous vous invitons à vous rapprocher de la Direction de l'Hospitalisation et de l'Organisation des Soins, de la Direction Générale de l'Action Sociale et de la Mission Interministérielle sur l'Effet de Serre.

Nous vous remercions des initiatives que vous avez déjà engagées sur ce dossier et vous serions reconnaissants de bien vouloir nous communiquer les premières conclusions de votre expertise pour la fin du premier trimestre 2004.

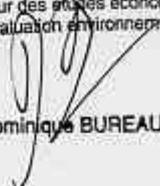
Nous vous prions d'agréer, Madame la directrice générale, l'assurance de notre considération distinguée.

**Le directeur général de la santé**



**Professeur William DAB**

**Le directeur des études économiques  
et de l'évaluation environnementale**



**Dominique BUREAU**

# Sommaire

<b>Glossaire</b> .....	<b>10</b>
<b>Sigles et acronymes</b> .....	<b>12</b>
<b>Préambule</b> .....	<b>13</b>
<b>1- Le contexte</b> .....	<b>17</b>
<b>2- Vague de chaleur et climatisation : revue bibliographique</b> .....	<b>19</b>
<b>3- La réglementation</b> .....	<b>26</b>
3.1- La réglementation incendie .....	26
3.2- La réglementation thermique des bâtiments .....	26
3.3- La réglementation sur la ventilation.....	27
3.4- La réglementation sur le bruit .....	29
3.4.1- La gêne pour le voisinage.....	29
3.4.2- La gêne à l'intérieur des bâtiments .....	30
3.5- La réglementation pour la maîtrise des légionelles.....	30
<b>4- L'identification des établissements accueillant des personnes âgées et enquête auprès de ces établissements</b> .....	<b>32</b>
4.1- Les établissements de santé.....	32
4.2- Les résultats provisoires de l'enquête sur le rafraîchissement de l'air des locaux des établissements de santé .....	33
4.2.1- La présence d'installation .....	33
4.2.2- La répartition des installations en fonction des catégories d'établissements .....	33
4.2.3- La répartition géographique des établissements ayant une ou plusieurs installations .....	34
4.2.4- La répartition par services des établissements ayant une ou plusieurs installations .....	34
4.2.5- Le type d'installation.....	35
4.2.6- Les installations de traitement et de maîtrise de l'air .....	35
4.2.7- Les installations de climatisation de l'air .....	36
4.2.8- Les installations de rafraîchissement de l'air .....	36
4.2.9- La maintenance des installations.....	36
4.2.10- Les problèmes et maladies liés aux installations .....	37
4.2.11- Les projets de rafraîchissement ou de climatisation des locaux .....	37
4.2.12- Les dispositions pratiques prises vis-à-vis des cas d'hyperthermie .....	37
4.3- Les établissements médico-sociaux.....	38
4.3.1- Les établissements équipés et types d'établissements .....	39
4.3.2- Les types de locaux équipés en climatisation .....	39
4.3.3- Le coût moyen d'investissement au m <sup>2</sup> et maintenance des installations .....	39
4.3.4- Les prévisions d'installations d'équipements permettant de maîtriser la température de l'air .....	40
<b>5- La climatisation des locaux</b> .....	<b>40</b>
5.1- La typologie générale des appareils et systèmes de climatisation.....	40
5.1.1- La climatisation individuelle.....	40
5.1.2- La climatisation centralisée ou semi-centralisée « tout air » .....	41

5.1.3- La climatisation centralisée ou semi-centralisée « tout eau » .....	41
5.1.4- La climatisation décentralisée par unités réversibles sur boucle d'eau .....	42
5.2- Le cas de la climatisation d'une zone refuge .....	42
5.2.1- Les éléments à prendre en compte .....	42
5.2.1.1- Les caractéristiques des locaux.....	42
5.2.1.2- Les caractéristiques du climatiseur.....	42
5.2.1.3- Les éléments complémentaires .....	43
5.2.2- Revue critique des appareils de climatisation pour une utilisation en zone refuge .....	43
5.2.3- Le coût de l'installation .....	47
5.2.4- Le coût de fonctionnement .....	47
5.3- Le cas d'une rénovation lourde ou d'un bâtiment neuf .....	49
5.3.1- Les systèmes réversibles .....	49
5.3.2- La diffusion d'air.....	49
5.4- La maintenance et l'utilisation des différents systèmes .....	50
5.4.1- Les climatiseurs individuels, climatiseurs à condensation par eau, centrales autonomes à condensation par air ou par eau .....	50
5.4.4- Les unités terminales de traitement d'air, centrales de traitement d'air .....	51
<b>6- L'impact sanitaire .....</b>	<b>52</b>
6.1- L'impact de la température .....	52
6.2- L'impact de l'humidité de l'air .....	53
6.3- L'impact des climatiseurs individuels .....	53
6.3.1- La nuisance sonore .....	53
6.3.2- Les réactions à la poussière .....	53
6.3.3- Les réactions aux micro-organismes .....	53
6.4- L'impact de la climatisation centralisée .....	54
6.4.1- L'inconfort en milieu climatisé et le syndrome des bâtiments malsains .....	54
6.4.2- Les problèmes allergiques et infectieux .....	54
<b>7- L'impact énergétique et environnemental de la climatisation des locaux sur le court terme .....</b>	<b>57</b>
7.1- La méthodologie .....	57
7.2- Discussion des différents paramètres .....	58
7.2.1- La surface .....	58
7.2.2- La rigueur climatique.....	58
7.2.3- Le ratio de puissance frigorifique.....	60
7.4- Les conséquences appel de puissance.....	62
7.5- Les fluides frigorigènes .....	62
7.6- Les gaz à effet de serre .....	63
<b>8- Synthèse et Recommandations .....</b>	<b>64</b>
8.1- Par rapport au bâtiment .....	65
8.2- Par rapport à la consommation énergétique et à l'effet de serre.....	66
8.3- Par rapport aux équipements .....	66

8.4- Par rapport aux populations d'utilisateurs .....	67
8.5- Par rapport à la réglementation .....	67
8.6- Par rapport aux effets sur la santé .....	67
8.7- Stratégie d'équipement.....	68
<b>Annexe 1- L'impact énergétique et environnemental sur le long terme .....</b>	<b>69</b>
1.1- La consommation d'électricité, puissance appelée et émissions de CO <sub>2</sub> .....	70
1.2. Les rendements des équipements et des fluides frigorigènes.....	71
<b>Annexe 2- Les actions préalables et les solutions alternatives à la climatisation .....</b>	<b>72</b>
2.1- Jouer sur le rayonnement .....	73
2.1.1- Les protections solaires (fixes et mobiles).....	73
2.1.2- Les puits provençaux .....	74
2.1.3- Le rafraîchissement passif.....	74
2.1.4- Poutres, planchers et plafonds rafraîchissants .....	74
2.1.5- Les brasseurs d'air.....	74
2.1.6- La ventilation naturelle.....	75
2.2- La conception des bâtiments .....	75
2.2.1- L'expérience allemande.....	75
2.2.2- La démarche HQE .....	76

## Glossaire

*Allège* (n.f.) : pan de mur compris entre le sol et l'appui d'une fenêtre, et dont l'épaisseur est souvent moindre que celle du mur.

*Anticholinergique* (adj.) : substance qui contrarie l'action de l'acétylcholine au niveau de la fibre post-ganglionnaire du système parasympathique, en inhibant la libération d'acétylcholine, ou en bloquant l'action de l'acétylcholine déjà libérée.

*Anxiolytique* (adj. et n.m.) : produit dont la principale action thérapeutique est la réduction des manifestations psychologiques et somatiques de l'anxiété.

*Aspergillose* (n.f.) : mycose provoquée par le développement dans l'organisme de champignons filamenteux du genre « *Aspergillus* » et siégeant principalement dans l'appareil respiratoire au niveau du parenchyme pulmonaire, des bronches, de la plèvre ou d'une cavité néoformée. La maladie se présente sous la forme d'une affection pulmonaire avec hémoptysies ou de lésions cutanées.

*Canicule* (n.f.) : terme pouvant être défini comme événement climatique qui dure plus de trois jours avec une température moyenne supérieure au percentile 99 (température moyenne atteinte ou dépassée 99 % des jours d'une année). Une autre définition, implicite, considère la canicule comme un événement générant un pic d'excès de mortalité.

*Climatisation* (n.f.) : ensemble du traitement de l'air ayant pour but l'obtention d'une ambiance interne définie en termes de température et d'humidité. Elle évoque des équipements agissant sur la température de l'air, son humidité, sa vitesse et sa qualité. L'objectif est le confort des personnes.

*Condensat* (n.m.) : eau condensée sur l'évaporateur du climatiseur récupérée dans un bac à eau.

*Conditionnement d'air* (n.m.) : réglage de la température et de l'humidité dans un local, c'est-à-dire placées dans les *conditions* requises de confort.

*Efficacité* (d'un appareil de climatisation) (n.f.) : rapport entre l'énergie thermique transportée et la consommation électrique. Cette efficacité est supérieure à 1 et de l'ordre de 3 pour des appareils de performance moyenne.

*Hyperthermie* (n.f.) : élévation de la température centrale du corps au-dessus de sa valeur normale.

*Légionellose* (n.f.) : pneumonie grave provoquée par un bacille cosmopolite, *Legionella pneumophila*, bactérie gram-négative. Les manifestations cliniques sont celles d'un état grippal compliqué d'une pneumonie virale grave accompagnée, dans de nombreux cas, de troubles gastro-intestinaux, neurologiques et d'insuffisance rénale passagère. Les principales sources de contamination lors des épidémies sont les microorganismes en suspension dans l'air provenant des condensateurs à évaporation des systèmes d'air conditionné et l'eau stagnant dans les pommes de douche ou dans les circuits d'alimentation des équipements de balnéothérapie.

*Neuroleptique* (n.m.) : médicament (psychotrope) à action sédatrice et antipsychotique.

*Paroxystique* (adj.) : se dit d'une situation météorologique inhabituelle conduisant à un dépassement des équilibres naturels et susceptible d'entraîner des dégâts importants ou des atteintes à la santé des populations.

*Plénium* (n.m.) : espace dans lequel l'air traité est envoyé en légère surpression en vue de sa distribution.

*Psychotrope* (adj.) : caractérise une substance d'origine naturelle ou artificielle capable de modifier l'activité mentale et dont l'action essentielle s'exerce sur le système nerveux central et le psychisme.

*Réversible* (adj.) : se dit d'un système de climatisation pouvant produire du froid en été et de la chaleur en hiver par inversion du cycle thermodynamique.

*TWh* : symbole de la Térawattheure, équivalent à 1 milliard de kWh (kilowattheure) ou 1000 GWh (Gigawattheure). Le wattheure (Wh) exprime la production ou la consommation d'électricité (énergie fournie pendant une heure par une source d'une puissance constante de 1 W). Le nombre de wattheures utilisés ou générés est le produit de la puissance (nombre de watts) par le nombre d'heures d'utilisation ou de production. Par exemple, la production de 1000 Wh (1 kWh) permet de faire fonctionner pendant une heure un appareil électrique d'une puissance de 1000 W ou deux appareils de 500 W.

*Tour aéroréfrigérante* : installation de grande taille située le plus souvent au sommet d'un bâtiment, dans laquelle un échange thermique s'effectue par contact direct entre l'eau chaude, introduite sous forme de gouttelettes dans la partie supérieure de la tour, et l'air ambiant se trouvant dans la partie inférieure de la tour. Ce type de tour est courant dans les usines, les centres commerciaux, les entreprises, les immeubles de bureaux, les centres hospitaliers et certains immeubles d'habitation collectifs.

## **Sigles et acronymes**

ADEME : Agence de l'environnement et la maîtrise de l'énergie

AFNOR : Association française de normalisation

CETIAT : Centre technique des industries aérouliques et techniques

COSTIC : Comité scientifique et technique des industries de la climatisation

CDC : Centers for Diseases Control and Prevention

CSC : Commission de la sécurité des consommateurs

CSTB : Centre scientifique et technique du bâtiment

IGAS : Inspection générale des affaires sanitaires

InVS : Institut de veille sanitaire

DGAS : Direction générale de l'action sociale

DGS : Direction générale de la santé (ministère de la santé)

LHVP : Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris

MEDD : Ministère de l'écologie et du développement durable

MIES : Mission interministérielle sur l'effet de serre

NCEHS : National Center for Environmental Health Strategies

## Préambule

Les travaux présentés ici résultent d'une demande, d'une part, des ministères de la santé, de la famille et des personnes handicapées, d'autre part, du ministère de l'écologie et du développement durable, de participer, dans les suites de la crise sanitaire de l'été 2003, à un plan national de lutte contre les effets de la canicule sur les populations fragiles.

L'impact sanitaire et énergétique des installations de climatisation a été étudié prioritairement pour les établissements de santé comme les établissements recevant des personnes âgées.

Cependant, en l'absence de travaux épidémiologiques publiés dans des revues scientifiques sur l'impact sanitaire des installations de climatisation sur les différents types de populations dites sensibles pendant les périodes de canicule, les recommandations détaillées dans ce rapport peuvent être étendues à l'ensemble des structures recevant des populations dites sensibles (très jeunes enfants, femmes enceintes, personnes en hôpital de jour, personnes asthmatiques ou cardiaques, personnes sous traitement médicamenteux,...).

Les recommandations concernant l'impact sanitaire des installations de climatisation au domicile des personnes vivant seules durant les périodes de canicule ont fait l'objet d'un dossier d'information.

## Résumé

Il est souvent affirmé dans des publications que le rafraîchissement des personnes sensibles et en particulier des personnes les plus âgées, durant une période de deux à trois heures chaque jour, permettrait de réduire très sensiblement le risque de surmortalité. Cette durée de rafraîchissement, de l'ordre de deux à trois heures, a été fixée de façon empirique dans le but d'offrir une relative marge de sécurité, mais cette affirmation ne repose actuellement sur aucune étude clinique ou épidémiologique. Il s'agit d'une estimation du temps nécessaire au corps humain pour obtenir le retour à une température normale en situation d'hyperthermie.

De manière tout aussi empirique, une valeur cible de température de l'ordre de 25 ou 26 °C semble raisonnable, afin de ne pas créer un choc thermique important lors du passage dans une pièce rafraîchie naturellement ou par un système de climatisation.

A l'occasion de vagues de chaleur, l'effet bénéfique de la climatisation des locaux n'est admis que sur la base de quelques études scientifiques uniquement américaines et qui ne concernent que des systèmes centralisés, dans des immeubles d'habitation ou du secteur tertiaire. Cependant, compte tenu du nombre de décès observés lors de la canicule d'août 2003 - et bien qu'il n'existe aucune publication scientifique relative spécifiquement à ce type de bâtiment qui démontre l'intérêt d'une telle démarche -, il a été proposé **de créer**, dans les établissements de soin ou d'accueil des personnes âgées, **un espace climatisé ou une pièce rafraîchie** au sein desquels les résidents pourraient trouver, quelques heures par jour, un espace tempéré à l'occasion des épisodes de canicule. La mise en place d'une telle méthode de prévention devra s'accompagner d'une évaluation.

Le groupe de travail a tenu à distinguer la question générale du confort thermique de celle des températures extrêmes, telle que celles subies lors de la canicule de l'été 2003, en France. Dans le cadre du présent travail, la réponse a porté principalement sur les températures extrêmes. Demandée par les ministères chargés de la santé et de l'environnement dans un court délai, elle est fondée sur les mesures à prendre pour le parc existant. Elle initie également une réflexion à plus long terme et appelle un examen plus large des risques éventuellement associés à des systèmes de climatisation plus pérennes dans l'ensemble du bâti.

Le groupe de travail insiste bien sur le fait que **la climatisation n'est pas la première solution à adopter pour éviter les effets sanitaires de vagues de chaleur**. Une bonne gestion des ouvrants (portes, fenêtres et volets) ainsi que l'utilisation des pièces naturellement rafraîchies doivent être mise en œuvre de manière prioritaire.

Le choix de la pièce naturellement rafraîchie ou de l'espace climatisé devra être respectueux des conditions d'accès et d'accueil des personnes concernées (état sanitaire de la pièce, autonomie et mobilité des personnes, soins spécifiques,...).

Le choix de la climatisation devra suivre certaines recommandations. Chaque établissement de santé ou d'accueil des personnes âgées devra notamment prendre en compte les caractéristiques de son bâtiment, la consommation énergétique et le dégagements de gaz à effet de serre, les caractéristiques des équipements envisagés, la catégorie d'utilisateurs que sont les personnes âgées, la réglementation applicable notamment par rapport aux règles de ventilation, les risques pour la santé générés par les appareils eux-mêmes, afin d'en déduire une stratégie d'équipement.

Pour passer le cap d'un épisode de forte chaleur, deux solutions d'équipement peuvent être mises en œuvre. La première est celle d'un système à intégrer au bâtiment au moment de sa construction ou de sa rénovation lourde et répond à un objectif plus large que celui qui consiste à répondre à la question des températures extrêmes. La seconde solution est l'adoption d'un système temporaire permettant d'obtenir un simple lieu de rafraîchissement pour prévenir les risques éventuels d'une vague de chaleur. Cette seconde proposition permet d'envisager par exemple un système de rafraîchissement de l'air dans une des pièces de l'établissement. Les pensionnaires de l'établissement pourraient ainsi quelques heures par jour profiter de ce havre de fraîcheur. C'est la voie de réflexion suivie par le groupe de travail.

### **Le rapport rappelle que :**

- **la climatisation ne saurait être considérée comme une panacée** permettant de régler, pour un coût forcément élevé, les erreurs de conception ou de gestion d'un bâtiment. Il est impératif, d'une part, de mettre en œuvre une bonne gestion des ouvrants en maintenant les portes, les fenêtres et les volets fermés pendant la période d'ensoleillement et en aérant les pièces la nuit, d'autre part, d'avoir recours si possible à des pièces naturellement rafraîchies.
- **son installation relève de professionnels** afin de dimensionner l'installation au mieux en fonction du type de bâtiment dans une perspective future et à long terme, et afin de respecter les règles d'installation prescrites par les règles de sécurité et les normes ;
- **une surveillance et un entretien professionnels** de cette installation sont indispensables pour éviter des problèmes sanitaires ;
- **les populations utilisatrices que sont les personnes âgées doivent éviter les chocs thermiques et leurs impacts sur la santé**, en adaptant leur alimentation, leurs tenues

vestimentaires et leurs traitements, lors du passage d'une pièce à une autre, selon les recommandations formulées par le plan canicule du 5 mai 2004 ;

- **les personnes âgées vivant à leur domicile** devront également faire l'objet d'une attention particulière de la part des établissements de santé pouvant ponctuellement les accueillir, notamment en leur facilitant l'accès, quelques heures par jour, à des pièces climatisées ou rafraîchies naturellement.

Le rapport comprend six parties techniques et des recommandations :

- 1) une revue bibliographique des problèmes sanitaires liés à la canicule et à la climatisation,
- 2) la réglementation s'appliquant dans les établissements,
- 3) l'identification des établissements accueillant des personnes âgées et le constat de leur très faible taux d'équipement,
- 4) les différents types de climatisation, l'installation d'une zone réduite, les coûts d'installation, de fonctionnement et de maintenance,
- 5) l'impact sanitaire de ces matériels,
- 6) l'impact énergétique et environnemental.

Des recommandations pour climatiser un espace intérieur des établissements d'accueil pour personnes âgées forment la dernière partie de ce document, constitué comme une aide à la décision.

Le groupe d'experts réuni par l'Agence française de sécurité sanitaire environnementale a eu pour mission de rassembler les données existantes nécessaires à l'évaluation des impacts sanitaires et énergétiques en cas d'installation de la climatisation dans les établissements de santé et ceux accueillant les personnes âgées. Il comprenait des représentants des ministères en charge de la santé et de l'environnement (DGS, DHOS, DGAS, MEDD), de la recherche sur les problèmes de bâtiment (CSTB), des industries aérauliques (CETIAT), de la maîtrise de l'énergie (ADEME), de la mission interministérielle sur l'effet de serre (MIES), de la sécurité des consommateurs (CSC), d'une administration urbaine (LHVP) et des industriels de la climatisation (COSTIC), afin d'étudier les conséquences des systèmes de rafraîchissement et de climatisation des locaux accueillant les personnes âgées et permettre d'orienter les choix des gestionnaires.

## 1- LE CONTEXTE

La France a subi lors de l'été 2003 une vague de chaleur sans précédent dans l'histoire du pays. Si un tel événement climatique était déjà survenu sur le territoire lors des vagues de chaleur de 1976 de juillet 1983 (la première a touché une grande partie du territoire national, épargnant cependant le sud-est, la seconde a touché la région de Marseille, le midi méditerranéen et le massif central, entraînant 4700 décès en surnombre), un événement semblable dans la durée et l'intensité ne s'était jamais produit. Selon Météo France, des températures supérieures à 35 °C ont été mesurées dans deux tiers des stations météorologiques et des températures supérieures à 40 °C dans 15 % des stations (InVS, 2003). D'autre part, les températures minimales nocturnes sont restées élevées (+ 3,5 °C par rapport à la moyenne 1950-1980) ne permettant pas un repos nocturne réparateur. Ces températures élevées ont été particulièrement marquées au cours de la première quinzaine d'août.

Les statistiques officielles des « morts de la canicule » dénombrent 14 947 décès supplémentaires, dont 70 % de plus de 75 ans, pouvant être attribués à la canicule pour la première quinzaine d'août où les températures extrêmes ont été relevées. La répartition des lieux de décès en excès est la suivante : 19 % dans les maisons de retraites, 35 % aux domiciles, 42 % dans les hôpitaux, et 3 % dans les cliniques privées. Par rapport à la répartition de la moyenne des décès pour la période 2000/2002, une augmentation de 135 % a été observée dans les maisons de retraites (Hémon et Jouglu, 2003).

L'absence de système d'alerte pour les vagues de chaleur, au plan national, comme il existe des plans froid ou inondation, a été soulignée par les rapports d'enquête<sup>1</sup>. Mais ce drame a aussi fait apparaître une inadaptation des maisons de retraites en France, pour faire face à un tel événement climatique aussi bien au niveau de la conception du bâti que du manque de personnel. Selon le rapport de l'IGAS sur la canicule de cet été, 30 % des établissements seraient à rénover partiellement et 15 % totalement (Lalande et al, 2003).

Le 24 novembre 2003, la Direction générale de la santé et le Ministère de l'écologie et du développement durable ont saisi l'Agence française de sécurité sanitaire environnementale (AFSSE) pour qu'elle procède à une évaluation des risques sanitaires liés aux installations de climatisation, notamment dans les hôpitaux, les immeubles de bureaux, les crèches, les écoles, ainsi que dans l'habitat collectif voire individuel. L'étendue de cette première saisine étant très large, une nouvelle saisine en date du 26 février 2004, a précisé les priorités du travail conformément aux conclusions du rapport de l'Inspection générale des affaires sanitaires (IGAS), visant les établissements de santé de court, moyen et long séjour ainsi que les établissements recevant les personnes âgées.

---

<sup>1</sup> Assemblée Nationale, Commission d'enquête, *Le drame de la canicule : une gestion déficiente révélatrice d'une crise structurelle*, mars 2004

Afin de répondre à la demande dans les délais impartis, l'AFSSE, avec l'appui du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), a constitué un groupe de travail. Celui-ci s'est réuni une première fois le 5 février 2004 afin d'analyser la saisine et structurer le plan du projet de rapport d'étude et de répartir en son sein les tâches rédactionnelles ; lors d'une seconde réunion, tenue le 8 mars 2004, le groupe de travail a procédé à une analyse des contributions.

Lors de sa première réunion, le groupe de travail a tenu à distinguer le problème général du confort thermique de celui des températures extrêmes telles que celles subies lors de la canicule de l'été 2003. Dans le cadre de la présente saisine, la réponse portera principalement sur le problème des températures extrêmes. Ce rapport, demandé dans un court délai, est fondé sur les mesures à prendre pour le parc existant. Il initie également une réflexion à plus long terme et appelle un examen plus large des risques éventuellement associés aux systèmes de climatisation plus pérennes dans l'ensemble du bâti.

Pour répondre à l'objectif fixé, c'est-à-dire offrir dans les établissements de santé et d'accueil des personnes âgées le moyen de passer le cap d'un épisode de vague de chaleur, plusieurs voies sont possibles : soit envisager la mise en place d'un système de climatisation intégré au bâtiment soit un système palliatif temporaire permettant d'obtenir un simple lieu de rafraîchissement, utilisé uniquement à l'occasion d'un épisode de vague de chaleur. La première hypothèse n'est envisageable que lors de la construction d'un bâtiment neuf ou à l'occasion d'une rénovation lourde, et répond à un objectif plus large que la réponse temporaire au problème des températures extrêmes. La seconde hypothèse, qui s'adresse aux bâtiments non équipés d'un système de climatisation, permet d'envisager des moyens plus modestes, limités dans l'espace et dans le temps, et visant par exemple à mettre en place dans chaque établissement un système de rafraîchissement d'air dans une pièce -qui peut être un lieu de vie habituel de l'établissement - que l'on pourrait climatiser en tant que de besoin et pour un temps limité à l'occasion d'un épisode caniculaire, les pensionnaires de l'établissement venant quelques heures par jour profiter de ce havre de fraîcheur. C'est la voie de réflexion suivie par le groupe de travail.

En l'absence de travaux épidémiologiques publiés dans des revues scientifiques sur l'impact sanitaire des installations de climatisation sur les différents types de populations dites sensibles pendant les périodes de canicule, les recommandations détaillées dans ce rapport peuvent être étendues à l'ensemble des structures recevant des populations dites sensibles (très jeunes enfants, femmes enceintes, personnes en hôpital de jour, personnes handicapées, personnes asthmatiques ou cardiaques, personnes sous traitement médicamenteux,...).

Les impacts sanitaires des installations de climatisation aux domiciles des particuliers (habitat collectif, habitat individuel) font l'objet d'un dossier d'information spécifique.

## 2- VAGUE DE CHALEUR ET CLIMATISATION : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Parmi les situations météorologiques paroxystiques, les vagues de chaleur sont connues, depuis très longtemps pour entraîner une mortalité parfois importante. Si les premières études anglaises cherchant à déterminer l'influence des phénomènes météorologiques sur la mortalité et notamment l'effet de la température, datent des années 1840<sup>2</sup> les premières études européennes sur l'effet des vagues de chaleur, publiées dans des revues scientifiques, datent des années 1970<sup>3</sup>. Elles concernent en France notamment les vagues de chaleur de 1976 et de 1983<sup>4</sup>. En revanche, aux États-unis, la prise de conscience du phénomène est beaucoup plus ancienne puisque les premières études datent des années 1880, les premières publications relatives aux effets des vagues de chaleur sur la mortalité datent des années 1920<sup>5</sup>.

L'article de synthèse paru dans la revue Environnement Risques et Santé de septembre 2002, sous la signature de Jean-Pierre Besancenot<sup>6</sup> de la faculté de médecine de Dijon, rappelle quelques exemples de vague de chaleur ayant fait l'objet d'analyses fines et, notamment, celle de 1983 à Marseille, celle de 1987 à Athènes, celle de 1995 à Chicago<sup>7,8</sup>. Il apparaît que la surmortalité touche principalement des personnes âgées, voire très âgées, essentiellement de sexe féminin en Europe (et masculin aux États-unis). Les personnes les plus à risque sont celles qui vivent seules, qui ont peu de relations avec leur entourage, qui prennent à doses importantes certains médicaments<sup>9</sup>, et de manière générale des individus de faible niveau socioéconomique. Le risque relatif le plus élevé est observé chez des personnes qui vivent confinées chez elles et sortent peu de leur lit. Le fait d'appartenir à un groupe social ou d'avoir des amis constitue un facteur protecteur, de même que l'accès à un moyen de mobilité. Dans les études réalisées aux États-unis on observe que la mortalité peut être multipliée par un facteur 4 dans les familles aux revenus les plus bas, alors que dans les familles les plus aisées (disposant probablement d'air conditionné à domicile) on observe plutôt une sous mortalité (US Center for Disease Control<sup>10</sup>). Lors des dernières vagues de chaleur en Europe, on a cependant observé que les populations les plus à risque en particulier dans les grandes villes, étaient les personnes âgées, isolées, à revenus moyens, totalement autonomes mais non intégrées dans un système de socialisation.

---

<sup>2</sup> W.A. Guy, An attempt to determine the influence of the seasons and weather on sickness and mortality, *J Stat Soc London*, n°6, pp.133-150, 1843.

<sup>3</sup> D.G. Tout, Effective temperature and the hot spell of June-July 1976, *Weather*, n°32, pp.67-72, 1977; D.G. Tout, Mortality in the June-July 1976 hot spell, *Weather*, n°33, pp.221-227, 1978.

<sup>4</sup> J. Simonet, *Vagues de chaleur de juillet 1983. Etude épidémiologique et physiopathologique*. Thèse de médecine, Université Marseille, 161 p., 1985.

<sup>5</sup> E. Huntington, Weather and health : a study of daily mortality in New York City, Washington DC, National Research Council, *Bulletin n°75*, 1930 ; M. Gover, Mortality during periods of excessive temperature, *Public Health Rep*, n°53, pp.1122-1143, 1938.

<sup>6</sup> Jean-Pierre Besancenot, Vagues de chaleur et mortalité dans les grandes agglomérations urbaines, *Environnement, Risques & Santé*, Vol.1, n°4, septembre-octobre 2002.

<sup>7</sup> S. Witmann, E. Donoghue et al. Mortality in Chicago Attributed to the July 1995 heat wave. *Am. Journal of public health* vol 87, n°9, pp 1515-1518, 1997

<sup>8</sup> J.C. Semenza, CH Rubin, KH Falter , J.D.Selanikio, WD Flanders, HL Howe et al. Heat-related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago. *N Engl J Med*, Vol 335 (2) 96; pp. 84-90, 1996.

<sup>9</sup> N. Bark, Death of psychiatric patients during heat waves, *psychiatric services*, vol 49 n°8 pp 1088-1090, 1998

<sup>10</sup> J.-P. Besancenot, article précédemment cité, p.233.

Actuellement les populations âgées les plus démunies sont généralement prises en charges par des organismes sociaux qui permettent de les identifier, de les suivre et de leur venir en aide à l'occasion d'une vague de chaleur. En revanche, les personnes âgées à revenus un peu plus élevés, qui restent indépendantes ne sont pas identifiées et prises en charge à l'occasion de vagues de chaleur par des services sociaux ou médicaux. C'est ainsi qu'à Marseille, après l'expérience de la vague de chaleur de 1983, un travail de repérage des personnes âgées isolées a été conduit par les services sociaux<sup>11</sup>. Cependant, malgré ce travail de repérage, l'adjointe au Maire de Marseille chargée de la santé, estime actuellement que, dans le centre de Marseille se sont actuellement 25 000 personnes âgées isolées qui n'ont pas été identifiées par ces services sociaux, car vivant de manière parfaitement autonome.

Si l'élévation de température peut être la cause initiale du décès par hyperthermie ou « coup de chaleur », avec une température corporelle dépassant 40,6 degrés. Cette cause de décès est relativement peu fréquente<sup>12</sup> et s'associe souvent à l'existence de diverses pathologies préexistantes ou à la prise de médicaments ou de substances favorisant cette évolution<sup>13 14</sup>. Elle reste cependant vraisemblablement sous-estimée dans les statistiques de mortalité par méconnaissance des cas décédés à domicile.

La principale cause de mortalité lors des vagues de chaleur réside dans l'aggravation brutale d'une pathologie déjà existante ou d'un état de santé globalement précaire. Il s'agit notamment de maladies cardio-vasculaires, de troubles du métabolisme et de maladies du système génito-urinaire. À l'occasion d'une période caniculaire, la prise de certains médicaments (et notamment de neuroleptiques, d'anxiolytiques, d'antidépresseurs, de médicaments à effet anticholinergique) peut augmenter de façon sensible le risque létal. Ceci s'observe en particulier chez les malades mentaux et chez les personnes âgées dépendantes parfois médicalisées, voire surmédicalisées<sup>15</sup>.

La surmortalité lors des vagues de chaleur concerne surtout les grandes agglomérations urbaines<sup>16</sup>. Ceci est dû à de multiples facteurs concernant en particulier l'habitat avec une concentration des décès dans les étages supérieurs des immeubles, non pas parce qu'ils seraient moins bien ventilés, au contraire, mais parce que situés sous les toits parfois mal isolés, le rayonnement solaire direct augmente les apports caloriques. Ces habitats sous toiture concernent essentiellement des immeubles anciens, ils sont parfois d'un niveau de confort plus limité, il peut s'agir notamment d'anciennes chambres de domestiques transformées en logements individuels. En outre, dans les grandes villes, les revêtements de chaussées, à fort pouvoir absorbant, emmagasinent davantage de chaleur et la multiplication des constructions verticales diminue l'effet

---

<sup>11</sup> X. Thirion, La vague de chaleur de juillet 1983 à Marseille : enquête sur la mortalité, essai de prévention, *Santé publ*, n°4, pp.58-64, 1992.

<sup>12</sup> J. Simonet, *Vagues de chaleur de juillet 1983. Etude épidémiologique et physiopathologique*. Thèse médecine, Université Marseille, 161 p., 1985.

<sup>13</sup> JE Dematte, K O'Mara, J Buescher, CG Whitney, S Forsythe, T McNamee *et al*. Near-fatal heat stroke during the 1995 heat wave in Chicago. *Ann Intern Med*, n° 129(3), pp. 173-181, 1998.

<sup>14</sup> E. Kilbourne, K. Choi S. Jones S. Thacker *et al* Risk factor for heatstroke. *JAMA*, vol 247 pp 3332-3336 1982.

<sup>15</sup> J.-P. Besancenot, article précédemment cité.

<sup>16</sup> J. Clarke Some effects of the urban structure on heat mortality, *Environmental research*, vol 5, pp 93-104, 1972

rafraîchissant du vent. Par ailleurs, l'apport calorique lié aux activités humaines, et notamment la circulation automobile, les activités industrielles et l'absence de végétation permettant une évapotranspiration conduisent à la constitution de véritables îlots de chaleur urbaine<sup>17</sup> avec décroissance des températures du centre-ville vers la périphérie<sup>18</sup>. Il existe également une multitude de microclimats au niveau de certaines rues, en fonction de leur orientation et de la nature des matériaux de construction, voire des techniques de construction. Enfin, la pollution atmosphérique urbaine, pratiquement toujours liée aux épisodes de vague de chaleur, est un facteur d'aggravation du risque lié aux vagues de chaleur, en ce qui concerne la concentration d'ozone<sup>19</sup>. Ce point a été notamment démontré de façon claire à la suite de la vague de chaleur observée à Athènes en 1987, laquelle avait fait de nombreuses victimes. Lorsqu'en 1988 une vague de chaleur identique est survenue, des mesures ont été prises pour réduire considérablement la pollution atmosphérique urbaine, notamment par réduction de la circulation automobile et de l'activité industrielle. Cette réduction importante de la pollution atmosphérique est probablement en partie responsable de l'effet très favorable sur la mortalité à l'occasion de cette nouvelle vague de chaleur où l'on a observé une diminution de la surmortalité d'un facteur supérieur à 30<sup>20,21,22</sup>.

Il existe une forte variabilité inter régionale, actuellement incomplètement expliquée, dans les effets sanitaires d'une vague de chaleur (possible phénomène adaptatif, mais aussi différences de modes de vie, d'habitat et de climatologie). Les premiers résultats (en cours de publication) d'une étude encore en cours, menée par le laboratoire Climat et santé de l'université de Dijon, dont l'objectif est d'analyser les fluctuations du nombre de décès selon la température ambiante, afin de rechercher des tendances possibles dans le cadre de différents scénarios d'évolution du climat ont été présentés en mars 2003 devant la commission santé biométéorologie du Conseil supérieur de la météorologie. Ces résultats ont montré de fortes disparités au niveau national. Il a été possible d'identifier dans chaque département métropolitain un optimum thermique conduisant à un nombre journalier minimal de décès. La mortalité augmente rapidement lorsqu'on s'écarte de cet optimum thermique dans le sens d'une augmentation de la température, cette augmentation est plus lente dans le sens d'une diminution de la température. Cet optimum présente des différences non négligeables d'une région à l'autre : celui-ci est d'autant plus élevé que le climat est plus chaud, avec une exception notable qui concerne Paris où l'on observe l'optimum thermique le plus élevé, sans explication claire actuellement. En outre, l'optimum thermique est en général plus bas chez les femmes que chez les hommes (sauf à Paris), avec une différence de l'ordre de 2 degrés, ce

---

<sup>17</sup> W.B. Meyer, Urban heat island and urban health : early American perspectives *Professional geographer*, vol 43-1 pp 38-48, 1991

<sup>18</sup> I. Livada, M. Santamouris, K. Niachou N. Papanicolaou, Determination of places in the great Athens area where the heat island effect is observed , *Theor; Appl. Climat*, vol 71, pp 219-230, 2002

<sup>19</sup> J. Diaz, M. Garcia, et al Effects of extremely hot days on people older than 65 years in Seville (Spain) from 1986 to 1997. *Int J. Biometeorol* vol 46, pp 145-149, 2002

<sup>20</sup> J.-P. Besancenot, article précédemment cité.

<sup>21</sup> K. Katsouyanni, A. Pantazopoulou, G. Touloumi, Evidence of interaction between air pollution and high temperature in the causation of excess mortality. *Archives of environmental health*, vol 48 pp 235-242, 1993

<sup>22</sup> K. Katsouyanni, D. Trichopoulos, The 1987 Athens heatwave. *The Lancet*, p 573, 1988

qui expliquerait une plus grande sensibilité des femmes aux vagues de chaleur. Les différences d'optimum thermique et donc d'effets possibles des vagues de chaleur, selon les régions sont de l'ordre de 5 degrés à l'intérieur du territoire métropolitain, elles sont bien identifiées par plusieurs études convergentes et conduisent à définir des seuils d'alertes différents d'un département à l'autre au niveau du territoire national.

On observe également des différences importantes d'un pays à l'autre. Ainsi si l'on avait appliqué en France les seuils d'alerte définis aux États-unis, on n'aurait jamais déclenché le moindre dispositif d'alerte à l'occasion de la vague de chaleur d'août 2003. Cette étude est en accord avec les résultats d'une étude conduite aux Pays-Bas<sup>23</sup>.

L'une des conséquences possibles du réchauffement climatique, avec augmentation de la température moyenne, serait une inversion du rythme saisonnier de la mortalité avec une inversion du rythme annuel et passage de l'actuelle surmortalité hivernale à une surmortalité estivale. Une telle inversion du rythme saisonnier serait envisageable à partir d'une augmentation moyenne de la température de l'ordre de 2,5 °C.

Le fait que l'optimum thermique varie selon le contexte géographique et thermique plaide en faveur d'un phénomène adaptatif qui est actuellement non quantifié. Des différences notables en matière d'habitat sont susceptibles de jouer un rôle important dans ces différences d'optimum thermique. D'autres modèles de changements climatiques actuellement envisagés à plus long terme font intervenir un scénario différent, avec une inversion du courant nord océanique, conduisant à un refroidissement des pays de l'Europe de l'ouest et à une forte augmentation de température dans l'hémisphère sud.

L'existence de plusieurs scénarii différents en termes d'évolutions climatiques doit donc conduire à une certaine prudence dans les propositions de gestion de vagues de chaleur, notamment en termes de fréquences prévisibles de ces épisodes.

A l'occasion de vagues de chaleur, l'effet bénéfique de la climatisation des locaux est généralement admis sur la base de quelques études scientifiques<sup>24,25</sup>. Mais il faut nuancer cette affirmation. Dans un article de synthèse consacré à ce sujet<sup>26</sup>, l'auteur met en évidence le fait que la mortalité à l'occasion des vagues de chaleur est plus faible dans les villes disposant d'un niveau d'équipement plus élevé en climatisation, même si l'on prend en compte la latitude. Cependant, à l'échelle du territoire américain, considéré dans son ensemble et sur une longue période, la relation entre vagues de chaleur et mortalité reste constante malgré une augmentation de l'équipement en climatisation. Il existe probablement un facteur de confusion constitué par le niveau socioéconomique de la population ; l'élévation de ce niveau socioéconomique permet

---

<sup>23</sup> M. Huynen, P. Martens, D. Schram, M. Weijenberg. The impact of heat waves and cold spells on mortality rate in the dutch population. *Environmental Health Perspectives*, vol 109 pp 463- 470, 2001

<sup>24</sup> JC Semenza , article précédemment cité

<sup>25</sup> E Jane, article précédemment cité

<sup>26</sup> M.S. O'Neil. Air conditioning and heat-related health effects. *Applied environmental Science and Public Health* Vol 1 pp 9-12 2003

d'observer une diminution de la mortalité lors des vagues de chaleur, avec ou sans augmentation de l'équipement en climatisation<sup>27,28</sup>. Il existe en outre une relation directe entre le niveau socioéconomique et l'équipement en climatiseurs, voire sur son fonctionnement effectif. En effet, lors de la vague de chaleur de 1995 à Chicago, l'appel de puissance important lié aux installations de climatisation a conduit à des coupures d'alimentation électrique, d'autre part des personnes aux revenus faibles n'avaient plus de fourniture électrique en raison du non paiement de factures<sup>29</sup>. Sont également à prendre en compte un effet d'adaptation des populations des pays chauds aux vagues de chaleur ainsi que l'effet des équipements de climatisation sur la qualité de l'air intérieur par diminution de la pénétration des polluants extérieurs<sup>30</sup>. Tout ceci complique l'interprétation du rôle de la seule climatisation au niveau global.

D'un autre côté, il est actuellement souvent affirmé dans des publications que le rafraîchissement des personnes sensibles, et en particulier des personnes les plus âgées, durant une période de deux à trois heures chaque jour, permettrait de réduire très sensiblement le risque de surmortalité. La confirmation de cette corrélation, sur le plan scientifique, entre rafraîchissement des personnes et réduction du risque de surmortalité pourrait influencer durablement les stratégies de gestion des risques liés aux épisodes de canicule.

Afin de retrouver l'origine de cette affirmation, citée dans de nombreuses publications traitant des effets des vagues de chaleur, une recherche bibliographique approfondie a été engagée. Cette recherche est restée négative sur la base de données PubMed. Le groupe de travail a également interrogé le Pr J.P. Besancenot qui a répondu ne pas connaître de référence bibliographique en rapport avec cette affirmation. Le groupe d'experts est allé rechercher dans la base de données bibliographiques des CDC, et en particulier dans celle du National Center for Environmental Health Strategies (NCEHS) dont la base de données du programme Extreme Heat est l'une des plus fournies et des plus diversifiées ; mais cette recherche est restée vaine. De même, les recherches bibliographiques de l'Institut de veille sanitaire (InVS) n'ont pas permis de retrouver un article scientifique correspondant ; l'InVS a interrogé directement le NCEHS. Sa réponse a été la suivante : « *You are right, many publications state that several hours (most commonly 2-3) of exposure to air conditioning per day is protective for heat related illness and/or death. These figures were not based on any clinical or epidemiological study but on a conservative estimate of how long it takes the body to cool down after exposure to high heat. As individual "cool-down" times vary significantly by age, cardiovascular health, and acclimatization, an exact estimate of the "cool down" time is unrealistic, but 2-3 hours provides a large margin of safety for the public health message.* »)<sup>31</sup>

---

<sup>27</sup> G.C. Donaldson W.R. Keatinge, S. Nayha Changes in summer temperature and heat related mortality since 1971 in North Carolina, South Finland and south east England, *Environ Res* vol 91 pp 1-7 2003

<sup>28</sup> K. Smoyer, A comparative analysis of heat waves and associated mortality in St. Louis, Missouri – 1980 and 1995, *Int. J. Biometeorol* vol 42 pp 42-50 , 1998

<sup>29</sup> M.S. O'Neil, article précédemment cité

<sup>30</sup> M. S. O'Neil, article précédemment cité

<sup>31</sup> Georges Lubet CDC d'Atlanta le 26 février 2004

Il apparaît donc que cette corrélation entre rafraîchissement des personnes et risque de mortalité ne repose actuellement sur aucune étude clinique ou épidémiologique mais sur un constat de nature physiologique. Cette évaluation du temps nécessaire au corps humain pour obtenir le retour à une température normale après exposition à une très forte température a été faite à partir d'une estimation empirique.

La courbe de refroidissement varie de façon importante selon l'âge. Le déclenchement de la sudation est souvent plus tardif chez les personnes âgées et la sécrétion de sueur est moins abondante chez elles, notamment en raison de l'atrophie des glandes sudoripares, d'où un refroidissement corporel plus lent. Par ailleurs, certaines pathologies dont la prévalence augmente avec l'âge - ce qui est le cas, par exemple, des maladies cardio-vasculaires - et leurs traitements, limitent la capacité de l'organisme à résister à la chaleur.

En outre, il existe des facteurs adaptatifs individuels différents selon le contexte climatique. C'est pourquoi une estimation exacte du temps nécessaire à un refroidissement efficace ne saurait être qu'individuelle. Les experts du CDC ont donc estimé qu'une durée de rafraîchissement de l'ordre de deux à trois heures offrait une relative marge de sécurité en pratique. Cependant si ce temps de refroidissement a été testé avec succès de façon empirique lors de vagues de chaleur aux États-unis, cette estimation n'a jamais fait l'objet d'études scientifiques en France ou en Europe.

Enfin, il convient de considérer que cette durée n'a qu'une valeur indicative et ne saurait être considérée comme un objectif à respecter strictement. Quel objectif doit-on viser en termes de température de rafraîchissement ? S'il est certain qu'il ne faut pas viser trop bas pour ne pas entraîner un choc thermique, aucune étude scientifique ne permet actuellement de définir une valeur cible de manière objective bien qu'un objectif de l'ordre de 25 ou 26° semble raisonnable.

On peut accepter l'idée, afin d'éviter tout choc thermique, de faire rentrer les personnes en période de très forte chaleur dans une pièce rafraîchie avec un habillement supplémentaire qu'elles enlèveront d'elles-mêmes une fois qu'elles se sentiront à l'aise. Ce point est important et nécessite un encadrement adapté des personnes ainsi prises en charge dans un espace rafraîchi, notamment pour celles ne pouvant exprimer leur inconfort.

Les publications relatives à l'effet individuel du conditionnement d'air sur la mortalité à l'occasion de vagues de chaleur sont peu nombreuses<sup>32, 33</sup>. Nous n'en avons identifié qu'une seule, relativement ancienne (1992), qui analyse de manière spécifique les effets de la climatisation d'une seule pièce d'un logement<sup>34</sup>. Elle porte sur une cohorte de 72 740 personnes, étudiée de 1980 à 1985 et fondée sur le registre national des décès américain. L'objectif de cette étude était

---

<sup>32</sup> JC Semenza article précédemment cité

<sup>33</sup> E.M. Kilbourne, K. Choi, S. Jones, S.B. Thacker, Risk factors for heatstrokes, *JAMA*, n°247, p. 6-3332, 1982.

<sup>34</sup> Eugene Rogot, Paul D. Sorlie, Eric Backlund, Air-conditioning and mortality in hot weather, *American Journal of Epidemiology*, vol.136, n°1, pp.106-116 1992.

de déterminer si l'existence d'un système de conditionnement d'air à domicile permettait de diminuer significativement la mortalité à l'occasion de vagues de chaleur, qu'il s'agisse d'un système d'air conditionné centralisé ou du rafraîchissement d'une seule pièce.

Si l'on compare les habitations disposant d'une installation centralisée d'air conditionné avec les habitations ne disposant d'aucun système de refroidissement, on observe une diminution très significative de la mortalité de 42 %. Il est à noter cependant que les résultats sont très différents d'un état américain à l'autre. L'effet est très sensible en Floride, avec 51,7 % de diminution de la mortalité et globalement plus faible dans les autres états, avec même un effet défavorable dans quatorze des quarante états étudiés. En outre, on observe une grande disparité selon les groupes étudiés, avec un effet plus marqué chez les femmes (pas d'effet significatif chez les hommes) ainsi que chez les personnes âgées et chez les personnes vivant dans de petits appartements. En revanche, en ce qui concerne les systèmes de réfrigération portant sur une seule pièce, l'étude ne met pas en évidence d'effets favorables sauf dans le cas des personnes vivant dans des appartements de 1 à 2 pièces et un effet défavorable chez les personnes vivant dans de grands appartements de six pièces et plus. Cette étude souffre cependant de certaines faiblesses malgré l'importance de la cohorte. En effet, elle ne tient pas compte des déplacements de population durant les périodes de canicule, notamment en direction des régions côtières, ce qui peut expliquer l'effet très favorable observé en Floride.

En outre, cette étude ne prend pas en compte les personnes hospitalisées ou résidant en instituts spécialisés. Elle ne permet pas non plus d'apprécier les différences sensibles que l'on pourrait relever en tenant compte du temps passé à l'extérieur du domicile, notamment chez les personnes au travail ou chez les personnes âgées, ainsi qu'entre les hommes et femmes. Elle ne considère pas non plus le fait que certaines personnes passent en dehors de leur domicile un certain temps dans des lieux climatisés tels que les grandes surfaces, en particulier celles dont le domicile n'est pas climatisé. Cela pourrait expliquer les différences sensibles observées entre hommes et femmes et en fonction de l'âge.

On peut regretter qu'il n'existe aucune publication européenne rapportant des d'études équivalentes ; il est vrai que la rareté relative des installations de climatisation domestiques en Europe rendrait une telle étude pour le moins difficile actuellement.

Cependant, le développement d'installations de rafraîchissement ou de climatisation dans des établissements de santé ou d'accueil des personnes âgées, à la suite de la canicule de l'été 2003, devrait permettre d'envisager, à l'occasion d'un prochain épisode de vague de chaleur, le développement d'études épidémiologiques. Celles-ci permettront de comparer l'efficacité des différents dispositifs de rafraîchissement mis en œuvre, ainsi que de définir de manière plus objective une température cible permettant de minimiser le risque sanitaire chez les personnes âgées lors de vagues de chaleur et ainsi d'évaluer globalement l'efficacité des différentes recommandations issues de l'épisode de vague de chaleur d'août 2003. Il n'existe pas en effet

actuellement d'études publiées sur les effets spécifiques de la climatisation dans les établissements de santé ou les établissements accueillant des personnes âgées.

### **3- LA REGLEMENTATION**

La climatisation ne fait pas en tant que telle l'objet d'une réglementation spécifique.

Cependant, il convient de souligner que :

- les appareils de climatisation doivent répondre aux normes de sécurité électrique en vigueur,
- plusieurs domaines réglementaires peuvent avoir une implication dans la conception, le fonctionnement de la climatisation et les modalités d'occupation de la zone refuge.

En particulier, les réglementations suivantes sont à considérer, pour les installations neuves ou, le cas échéant, pour les installations existantes.

#### **3.1- LA REGLEMENTATION INCENDIE**

a) La réglementation incendie applicable aux établissements de santé comprend les textes généraux sur la prévention contre le risque incendie ainsi que l'arrêté du 23 mai 1989 modifié portant approbation de dispositions complétant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public relatif aux établissements de soins. En outre, certaines dispositions concernent la ventilation des locaux. L'arrêté du 23 mai 1989 est en cours de modification.

La circulaire n°4 du 27 janvier 1994 relative à la sécurité incendie dans les établissements de santé apporte des informations sur les textes réglementaires applicables et précise le rôle d'information et de conseil des services déconcentrés auprès des responsables d'établissement.

b) Les établissements accueillant des personnes âgées relèvent d'une réglementation incendie de niveau départemental.

#### **3.2- LA REGLEMENTATION THERMIQUE DES BATIMENTS**

Elle porte sur les bâtiments neufs ou les réhabilitations lourdes. Outre l'isolation de l'enveloppe, la réglementation thermique 2000 (RT2000) envisage de manière détaillée, pour les bâtiments résidentiels et les bâtiments non résidentiels, les consommations d'énergie pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, la ventilation, l'éclairage (uniquement en tertiaire).

Le refroidissement est traité actuellement de façon relativement simple par des obligations de moyen mais est en cours de prise en compte par les futures étapes réglementaires.

La RT 2000 vise à limiter les consommations d'énergie et à optimiser le confort d'été dans les locaux non climatisés. Elle s'exprime sous forme de performances à atteindre pour laisser toute liberté de conception afin de favoriser l'innovation technologique et l'optimisation des projets. Les textes correspondants ont été publiés le 30 novembre 2000. Dans cette réglementation les bâtiments climatisés sont définis comme des bâtiments (ou ensembles de locaux), qui possèdent

ou utilisent un équipement de production de froid par machine thermodynamique destiné à assurer le confort des personnes. Les principales exigences spécifiques aux bâtiments climatisés de cette réglementation sont énoncées ci-après :

Les **exigences sur le bâti** concernent essentiellement la protection solaire des baies du bâtiment.

Les **exigences sur les systèmes** portent sur le système de ventilation, l'isolation des réseaux d'air froid, la régulation et la gestion des systèmes, le suivi des consommations.

#### ➤ Système de ventilation

Les bâtiments climatisés autres que d'habitation doivent être munis d'un système de ventilation spécifique : la ventilation par seule ouverture des fenêtres n'est donc pas possible pour ces bâtiments.

#### ➤ Isolation des conduits

Les réseaux de ventilation véhiculant de l'air froid sont isolés dans les parties situées entre le dispositif de refroidissement et la limite du local où a lieu le soufflage à l'exception de la partie située entre le local et le dispositif de réglage.

#### ➤ Gestion et régulation des systèmes

Cette partie traite des dispositifs d'arrêt et de régulation de la fourniture de froid.

#### ➤ Suivi des consommations

Si la surface climatisée dépasse 400 m<sup>2</sup>, un ou des dispositifs doivent permettre de suivre les consommations de climatisation et de mesurer la température intérieure d'au moins un local par partie de réseau de distribution de froid.

### **3.3- LA REGLEMENTATION SUR LA VENTILATION**

La ventilation des locaux est traitée au niveau de plusieurs textes réglementaires figurant aux codes de la construction, de la santé et au code du travail.

Le tableau I présente une synthèse des débits de ventilation à prendre en compte pour les différents locaux d'une maison de retraite. Les valeurs indiquées permettent d'être en conformité avec les différents textes réglementaires en vigueur.

Le cas de la création d'une zone refuge avec occupation temporaire n'est à ce jour pas traité spécifiquement dans les textes existants relatifs à la ventilation. Lorsque, lors de situations d'urgences, le taux d'occupation de la zone refuge (sous réserve, par ailleurs, du respect de la réglementation de sécurité incendie) est susceptible de conduire à un renouvellement d'air par personne inférieur à celui prévu par les textes réglementaires, la durée pendant laquelle les personnes sont admises en zone refuge doit être limitée à la durée nécessaire à leur rafraîchissement, le débit de ventilation correspondant à l'occupation nominale devant être

maintenu. S'il est organisé des zones climatisées d'utilisation permanente, les débits de renouvellement d'air nominaux par personne doivent être respectés.

Tableau I: Exemples de solutions pour faciliter l'application du règlement relatif aux équipements et aux caractéristiques thermiques dans les bâtiments autres que d'habitation.

		Débit en m <sup>3</sup> /h		Taux d'occupation (*)			Débit en m <sup>3</sup> /h			
		réf.	par personne	réf.	m <sup>2</sup> par personne	personnes par local	réf.	par m <sup>2</sup>	par local	
«Locaux d'entrée»	Poste d'accueil	(1)	25	(3)		1			25	
	Bureau de direction	"	25	"		1			25	
	Secrétariat	"	25	"		1			25	
	Salle à manger des pensionnaires :	- sans autorisation de fumer	"	22	"	1,7			12,9	
		- avec autorisation de fumer	(2)	30	"	1,7			17,6	
	Salon	- sans autorisation	(1)	22	"	2			11	
		- avec autorisation	(2)	30	"	2			15	
	Chambre de moins de 16 m <sup>2</sup>	(1)	18	"	"	1			18	
	Chambre de 16 à 20 m <sup>2</sup>	"	18	"		2			36	
	Chambre collective	- sans autorisation	"	18	"	7			2,6	
		- avec autorisation	(2)	25					3,6	
	Chambre de garde	(1)	18	"		1			18	
	Salle à manger du personnel	- sans autorisation	"	22	(3)		10			220
		- avec autorisation	(2)	30	"		10			300
Atelier d'entretien	(a)	45	"		1			45		
Atelier de bricolage	(a)	45	"		1			45		
«Locaux de sortie»	Sanitaires						(1)	Tabl. 2		
	Cuisine						b			
	Cuisinette						(c)	Tabl. 2		
	Office	(a)	45	(3)		3			135	
	Buanderie	"	45	"		3			135	
	Lingerie	"	45	"		2			90	
	Local de service		45	"	7			6,4		
	Réserves alimentaires						(d)	0,4		
«Locaux indépendants»	Attente médicale	(1)	18	"		5			90	
	Cabinet médical	"	25	"		2			50	
	Salle de soins	"	18	"		2			36	
	Chambre d'infirmerie	"	18	"		1			18	

(\*) Sous réserve d'une évaluation plus précise du taux d'occupation en fonction des données fournies par le maître d'ouvrage.

(a) Chiffres correspondant dans le Code du Travail aux locaux avec travail physique léger.

(b) On propose de retenir un nombre de repas susceptibles d'être servis simultanément égal au total des places prévues dans les différentes salles à manger des pensionnaires mais sans compter celle du personnel.

(c) On propose de retenir un nombre de repas susceptibles d'être servis simultanément égal à 2.

(d) Ces réserves, où sont entreposées des denrées périssables, ne peuvent être classées en locaux intermédiaires. Ce sont des locaux de sortie. On peut cependant adopter pour eux le débit de 0,4 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>.

Source (Document établi à la demande de l'Agence Française pour la Maîtrise de l'Énergie) © CSTB 1988 ISBN 2-86891-136-6

### 3.4- LA REGLEMENTATION SUR LE BRUIT

Le bruit provenant des installations de climatisation est susceptible d'entraîner des nuisances, d'une part au voisinage du bâtiment climatisé, d'autre part à l'intérieur du bâtiment climatisé.

#### 3.4.1- La gêne pour le voisinage

La réglementation relative aux bruits de voisinage figure dans le code de la santé publique.

Dans le cas des activités professionnelles (articles R. 1336-8 et R. 1336-9), l'émergence<sup>35</sup> provenant de l'installation de climatisation doit être inférieure aux valeurs limites figurant dans le tableau II.

Tableau II : valeurs limites d'émissions sonores

Durée cumulée d'apparition du bruit particulier : T	Émergence limite de jour en dB(A) 7h – 22h	Émergence limite de nuit en dB(A) 22h – 7h
30 secondes < T ≤ 1 minute	14	12
1 minute < T ≤ 2 minutes	13	11
2 minutes < T ≤ 5 minutes	12	10
5 minutes < T ≤ 10 minutes	11	9
10 minutes < T ≤ 20 minutes	10	8
20 minutes < T ≤ 45 minutes	9	7
45 minutes < T ≤ 2 heures	8	6
2 heures < T ≤ 4 heures	7	5
4 heures < T ≤ 8 heures	6	4
T > 8 heures	5	3

Cette réglementation est actuellement en cours de révision. Il est notamment prévu de prendre en considération les émergences spectrales (par bande d'octave) et d'abaisser les valeurs limites admissibles de l'émergence pour les bruits ayant une durée cumulée d'apparition inférieure à 10 minutes.

Dans les autres cas (installations de climatisation chez les particuliers), les bruits de nature à porter atteinte à la santé publique et à la tranquillité du voisinage par leur durée, répétition ou intensité, ne sont pas autorisés (article R. 1336-7). Dans ces situations, il n'y a pas nécessité de procéder à une mesure acoustique pour constater une infraction.

---

<sup>35</sup> Emergence : différence entre le niveau de bruit ambiant, comportant le bruit particulier en cause, et celui du bruit résiduel constitué par l'ensemble des bruits habituels, extérieurs et intérieurs, dans un lieu donné, correspondant à l'occupation normale des locaux et au fonctionnement normal des équipements.

### **3.4.2- La gêne à l'intérieur des bâtiments**

- Dans les bâtiments d'habitation (arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation), le niveau de pression acoustique normalisé  $L_{nAT}$  du bruit engendré par une installation de ventilation mécanique en position de débit minimal ne doit pas dépasser 30 dB(A) dans les pièces principales et 35 dB(A) dans les cuisines de chaque logement, bouches d'extraction comprises.
- Dans les établissements de santé (arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements de santé), le niveau de pression acoustique normalisé  $L_{nAT}$  du bruit engendré dans un local d'hébergement par un équipement du bâtiment extérieur à ce local ne doit pas dépasser 30 dB(A) en général et 35 dB(A) pour les équipements hydrauliques et sanitaires des locaux d'hébergement voisins. En outre, le niveau de pression acoustique normalisé  $L_{nAT}$  du bruit transmis par le fonctionnement d'un équipement collectif du bâtiment ne doit pas dépasser les valeurs suivantes :
  - dans les salles d'examen et de consultation, les bureaux médicaux et soignants, les salles d'attente : 35 dB(A) ;
  - dans les salles de soins : 40 dB(A) ;
  - dans les salles d'opération, d'obstétrique et les salles de travail : 40 dB(A).

### **3.5- LA REGLEMENTATION POUR LA MAITRISE DES LEGIONELLES**

Le premier texte technique est la circulaire DGS n°97/311 du 24 avril 1997, à laquelle est annexé un guide d'investigation d'un ou plusieurs cas de légionellose. En particulier, ce guide fournit des prescriptions en matière

- d'investigations à mener en cas de légionellose nosocomiale (probable ou certaine)
- de mesures de lutte et de prévention

La circulaire n°DGS/VS4/98/771 du 31 décembre 1998 est venue préciser les obligations des établissements de santé, en particulier la nécessité :

- De détenir un dossier technique régulièrement actualisé
- De mettre en œuvre une surveillance de la contamination des réseaux, en particulier par des prélèvements réalisés au niveau des réservoirs et des points d'usage (2 par tranche de 500 lits).

Ces éléments sont repris dans la circulaire DGS/SD7A/SD5C-DHOS/E4 n°2002-243 du 22 avril 2002, qui complète et remplace la circulaire du 31 décembre 1998, et demande pour le 31 décembre 2002 une programmation des actions préventives.

En ce qui concerne la conception, l'approche suivante est préconisée :

- éviter la stagnation et assurer une bonne circulation de l'eau ;
- lutter contre l'entartrage et la corrosion ;
- maîtriser la température de l'eau dans les installations.

La circulaire DGS/SD7A n°2002-273 du 2 mai 2002 consacre la diffusion d'un guide de gestion des légionelloses. Il comporte plusieurs annexes techniques, qui affirment fortement le rôle important des mesures préventives, et les limites des mesures curatives.

En ce qui concerne plus spécifiquement les tours aéroréfrigérantes, le MEDD a adressé le 23 avril 1999 aux préfets une circulaire relative aux installations classées (rubrique 2920). Depuis, des prescriptions relatives à la prévention de la légionellose sont introduites dans les arrêtés élaborés par le MEDD pour tous les secteurs où cela s'avère pertinent (installations de combustion, verreries...). Au niveau local, sur la proposition de l'inspection des installations classées, les préfets ont par ailleurs fixé les mesures que doivent respecter les exploitants des tours aéroréfrigérantes relevant de la législation des installations classées via des arrêtés complémentaires ou la modification d'arrêtés existants, aussi bien pour les installations soumises à autorisation que celles soumises à déclaration.

### **Les prescriptions imposées aux exploitants visent deux objectifs :**

- veiller à ce que les circuits d'eau ne soient pas propices à la prolifération de légionelles,
- éviter la propagation dans l'environnement d'aérosols pouvant présenter un risque microbien (légionelles notamment).

Ces prescriptions portent en particulier sur l'entretien et la surveillance réguliers des installations, qui est la condition nécessaire pour prévenir la prolifération des légionelles. Elles prévoient également des actions lorsque la contamination en légionelles de l'eau des tours aéroréfrigérantes devient trop importante :

- si les concentrations relevées se situent entre  $10^3$  et  $10^5$  unité formant colonie par litre (UFC/l) : mise en œuvre de mesures pour abaisser la concentration en dessous de  $10^3$  UFC/l et nouvelle vérification de la contamination en légionelles,
- si les concentrations relevées sont supérieures à  $10^5$  UFC/l : arrêt obligatoire de l'installation, information de l'inspection des installations classées, mesures de désinfection.

Par ailleurs, un guide de bonnes pratiques ayant pour objet de préciser certaines mesures préventives et curatives à mettre en œuvre pour réduire les risques liés aux légionelles susceptibles de se développer dans les tours aéroréfrigérantes a été élaboré et largement diffusé aux acteurs concernés.

## 4- L'IDENTIFICATION DES ETABLISSEMENTS ACCUEILLANT DES PERSONNES AGEES ET ENQUETE AUPRES DE CES ETABLISSEMENTS

La Direction de l'hospitalisation et de l'organisation des soins a lancé, le 13 octobre 2003, une enquête sur le rafraîchissement de l'air des locaux des établissements de santé. Cette enquête concerne tous les établissements de santé, publics et privés. Après une présentation des différents types d'établissement et du nombre de places disponibles au sein de chacun d'entre eux (tableaux III et M), sont présentés les résultats de l'enquête concernant les établissements de santé. Une autre enquête, diligentée par la Direction générale de l'action sociale, a démarré le 13 février 2004, dans les établissements médico-sociaux hébergeant les personnes âgées. Cette enquête visait à faire un état des lieux des différentes installations existantes. Les premiers résultats de cette enquête sont également présentés.

### 4.1- LES ETABLISSEMENTS DE SANTE

Tableau III : Les différents établissements de santé et le nombre de lits d'hospitalisation

Catégories d'établissements	Nombre d'établissements (1)	Nombre de lits d'hospitalisation
<b>Établissements publics</b>		
Centre hospitalier régional (CHR)	159	87 693
Centre hospitalier (CH)	615	230 564
Centre hospitalier spécialisé (CHS)	92	34 293
Hôpital local (HL)	354	57 072
Autres établissements publics	13	869
<b>Total pour les établissements publics</b>	<b>1 233</b>	<b>410 491</b>
<b>Établissements privés</b>		
Établissement privé sous dotation globale	821	61 352
Établissement privé sous objectif quantifié national	1 512	99 500
Autres établissements privés	369	1 653
<b>Total pour les établissements privés</b>	<b>2 702</b>	<b>162 505</b>
<b>Total établissements de santé publics et privés</b>	<b>3 935</b>	<b>572 996</b>

(1) Le nombre d'établissements indiqué dans ce tableau correspond aux établissements géographiquement différenciables et non pas aux structures administratives.

Les soins de longue durée sont essentiellement assurés par les établissements de santé publics (91%), les établissements privés sous dotation globale y contribuent pour 8% tandis que les autres établissements privés (une quinzaine d'établissements dont la presque totalité est à but lucratif) ne représentent que 1% du total.

Tableau IV : les unités de soins de longue durée et nombre de lits d'hospitalisation

Type des services	Nombre d'établissements concernés	Nombre de places
Unités de soins de longue durée	1 099	76 985

Source : SAE 2001

#### 4.2- LES RESULTATS PROVISOIRES DE L'ENQUETE SUR LE RAFRAICHISSEMENT DE L'AIR DES LOCAUX DES ETABLISSEMENTS DE SANTE

La DHOS a reçu 1 972 réponses sur les 3935 établissements de santé interrogés. Les questionnaires ont généralement été renseignés par site géographique. Toutefois, certains établissements ont également rempli un questionnaire pour des activités médico-sociales lorsque ces disciplines sont physiquement rattachées à des établissements de santé (exemple : les maisons de retraite).

##### 4.2.1- La présence d'installation

Concernant la présence d'installations dans les établissements de santé :

- 821 établissements, soit 42 % des établissements ayant répondu à l'enquête, n'ont aucune installation,
- 1 151 établissements, soit 58 % des établissements ayant répondu à l'enquête, ont une ou plusieurs installation(s) différente(s), tous types d'équipements confondus, pour une partie ou la totalité de l'établissement.

##### 4.2.2- La répartition des installations en fonction des catégories d'établissements

Les établissements privés (61 %) disposent plus fréquemment d'installations que les établissements publics (57 %).

Les établissements *n'ayant aucune installation* sont généralement :

- pour les établissements publics : les unités de soins de longue durée et les maisons de retraite (84 %) et les hôpitaux locaux (68 %) ;
- pour les établissements privés : les unités de soins de longue durée et les maisons de retraite (83 %) et, dans une moindre mesure, les établissements de soins de suite et de réadaptation (57 %) et les établissements de soins de longue durée (53 %).

Les établissements *ayant une ou plusieurs installation(s)* sont plus fréquemment :

- pour les établissements publics : les CHU (83 %) et les centres hospitaliers (78 %) ;
- pour les établissements privés : les établissements de soins de courte durée (86 %).

#### **4.2.3- La répartition géographique des établissements ayant une ou plusieurs installations**

En moyenne, 58 % des établissements ayant répondu à l'enquête ont une ou plusieurs installation(s) différente(s).

Les régions où le pourcentage d'établissements équipés en installations (tous types d'équipements confondus) est le plus faible : les Pays de Loire (40 % des établissements ayant répondu à l'enquête ont une ou plusieurs installations), l'Alsace (44 %), le Limousin (47 %), la Bretagne (51%), le centre (51 %), la Picardie (52 %) et la Bourgogne (53 %).

Les régions métropolitaines où le pourcentage d'établissements équipés en installations (tous types d'équipements confondus) est le plus important : l'Aquitaine (77 % des établissements ayant répondu à l'enquête ont une ou plusieurs installations), le Languedoc-Roussillon (67 %), la Provence-alpes-côte-d'azur (66 %), Midi-Pyrénées (66 %), la Franche-Comté (66 %), le Nord-Pas-de-Calais (63 %) et l'Île-de-France (63 %).

#### **4.2.4- La répartition par services des établissements ayant une ou plusieurs installations**

1 151 établissements (soit 58 % des établissements ayant répondu à l'enquête) ont une ou plusieurs installation(s) différente(s), alimentant un ou plusieurs services, quel que soit le type service (plateau médico-technique, les services d'hospitalisation, les consultations externes, les services techniques et logistiques....).

En revanche, seuls 675 établissements, soit 34 % des établissements ayant répondu à l'enquête, indiquent climatiser ou rafraîchir un ou des services d'hospitalisation ou/et le service d'accueil des urgences.

#### **Répartition par types de services :**

Le nombre d'établissements bénéficiant d'installations de rafraîchissement de l'air et/ou de climatisation, pour les services suivants, est de :

- pour les services d'accueil des urgences : 271 établissements (soit 14 % des établissements ayant répondu à l'enquête),
- pour les services de médecine : 267 établissements (soit 14%),
- pour les services de chirurgie : 233 établissements (soit 12%),
- pour les services de gynécologie : 161 établissements (soit 8%),
- pour les services de soins de suite et de réadaptation : 118 établissements (soit 6%),
- pour les services de psychiatrie : 86 établissements (soit 4%),
- pour les unités de soins de longue durée : 74 établissements (soit 4%),
- pour les services de gériatrie : 48 établissements (soit 2%).

#### **4.2.5- Le type d'installation**

**Remarque importante :** les définitions des différents types d'installation proposées pour l'enquête, conduite avant la rédaction de ce rapport et dans un autre objectif, ne suivent pas nécessairement celles qui seront données dans la suite du texte. Mais les personnes interrogées ayant répondu selon ces définitions, il est impossible d'établir des correspondances.

Pour l'enquête, on entend par **installations de traitement et de maîtrise de l'air**, les installations permettant d'assurer le renouvellement de l'air, le taux d'humidité de l'air, la régulation de la température des locaux (réchauffement et rafraîchissement), la filtration de l'air, selon les exigences de maîtrise de la contamination.

On entend par **installations de rafraîchissement de l'air**, les installations permettant d'assurer le renouvellement de l'air des locaux et le rafraîchissement de l'air (abaissement de la température avec un gradient fixe) et la filtration de l'air.

On entend par **installations de climatisation**, les installations permettant d'assurer simplement le rafraîchissement de l'air des locaux. Le froid peut être produit dans les locaux soit à partir d'appareils individuels, soit par des ventilo-convecteurs alimentés par des réseaux de canalisations raccordés à une centrale de production frigorifique.

Concernant le type d'installation :

- 796 établissements (soit 40% des établissements ayant répondu à l'enquête) disposent d'une installation de traitement et de maîtrise de l'air,
- 519 établissements (soit 26% des établissements ayant répondu à l'enquête) disposent d'une installation de rafraîchissement de l'air,
- 873 établissements (soit 44% des établissements ayant répondu à l'enquête) disposent d'une installation de climatisation.

Fréquemment, les établissements disposent de plusieurs types d'installation (comme par exemple : traitement de l'air et rafraîchissement ou traitement de l'air et climatisation).

#### **4.2.6- Les installations de traitement et de maîtrise de l'air**

Les installations de traitement et de maîtrise de l'air, si elles permettent de rafraîchir, ont surtout pour objectif de "traiter" l'air afin de prévenir la contamination microbienne de l'air et donc les infections nosocomiales. Pour des raisons à la fois pratique et de coût, ces installations sont utilisées en premier lieu dans les secteurs où la qualité particulaire et microbienne de l'air requiert des performances élevées. C'est pourquoi, ces équipements desservent généralement les blocs

opératoires (32% des établissements ayant répondu à l'enquête) et obstétriques (14%), les services de réanimation (11%), de soins intensifs (9%), de stérilisation (25%) et d'imagerie médicale (15%).

#### **4.2.7- Les installations de climatisation de l'air**

Les installations de climatisation de l'air alimentent surtout les services médico-techniques (22% des établissements ayant répondu à l'enquête), les consultations externes (14%), les services d'accueil des urgences (8%) et les services de médecine et de chirurgie (15%).

En revanche, les services de gériatrie et les unités de soins de longue durée bénéficient peu de ce type d'installation. Seulement 53 unités de soins de longue durée et 36 services de gériatrie, soit 5% des établissements ayant répondu à l'enquête, indiquent climatiser ces locaux.

**Répartition par type de climatisation** : sur les 873 établissements qui disposent d'une installation de climatisation :

- 159 établissements ont une installation de climatisation centralisée,
- 427 établissements ont une installation de climatisation individuelle,
- 208 établissements disposent d'installations de climatisation centralisée et individuelle, en fonction des services.

#### **4.2.8- Les installations de rafraîchissement de l'air**

Les installations de rafraîchissement de l'air alimentent les mêmes types de services que les installations de climatisation mais dans une proportion moindre. Les installations de rafraîchissement de l'air desservent les services médico-techniques (11% des établissements ayant répondu à l'enquête), les consultations externes (8%), les services d'accueil des urgences (9%) et les services de médecine et de chirurgie (15%).

En revanche, les services de gériatrie et les unités de soins de longue durée bénéficient peu de ce type d'installation. Seulement 29 unités de soins de longue durée et 22 services de gériatrie, soit 2 % des établissements ayant répondu à l'enquête, indiquent rafraîchir ces locaux.

#### **4.2.9- La maintenance des installations**

La maintenance des installations, tous types d'équipements confondus, est réalisée :

- par une société extérieure, pour 61% des établissements ayant une ou plusieurs installations
- par l'établissement lui-même, pour 17% des établissements ayant une ou plusieurs installations,
- par les deux (l'établissement lui-même et une société extérieure), pour 16% des établissements ayant une ou plusieurs installations.
- 6% des établissements n'ont pas répondu à cette question

#### **4.2.10- Les problèmes et maladies liés aux installations**

Deux établissements mentionnent quelques cas d'incidents allergiques dans des bâtiments climatisés. 5 établissements citent des cas d'aspergillus. 18 établissements ont mentionné des cas de légionellose liés au fonctionnement de tours aéroréfrigérantes. 171 établissements (soit 15% des établissements ayant une ou plusieurs installations) disposent de tours aéroréfrigérantes.

#### **4.2.11- Les projets de rafraîchissement ou de climatisation des locaux**

97 établissements (soit 5% des établissements ayant répondu à l'enquête) mentionnent un projet de climatisation ou de rafraîchissement de l'air de certains locaux.

#### **4.2.12- Les dispositions pratiques prises vis-à-vis des cas d'hyperthermie**

171 établissements (soit 9% des établissements ayant répondu à l'enquête) déclarent ne pas avoir eu de cas d'hyperthermie.

Les dispositions pratiques prises :

- *en matière d'hydratation* :
  - 352 établissements (soit 18%) ont donné des boissons fraîches ;
  - 312 établissements (soit 16%) ont procédé à des hydratations renforcées ;
  - 138 établissements (soit 7%) ont procédé à des perfusions ;
  - 111 établissements (soit 6%) ont donné des eaux gélifiées ou glacées ;
- *en termes de moyens matériels* :
  - 1 025 établissements (soit 52%) ont utilisé des ventilateurs ;
  - 642 établissements (soit 33%) ont utilisé des brumisateurs ;
  - 54 établissements (soit 3%) ont utilisé des climatiseurs mobiles ;
- *en termes d'adaptation de la prise en charge* :
  - 504 établissements (soit 25%) ont utilisé du linge humide ;
  - 109 établissements (soit 9%) ont fait prendre des bains et des douches aux patients ;
  - 61 établissements (soit 3%) ont renforcé la surveillance du personnel ;
  - 38 établissements (soit 2%) ont transféré des patients dans des zones fraîches ou climatisées ;
  - 28 établissements (soit 1%) ont préconisé le port de vêtements légers ;
  - 18 établissements (soit 1%) ont adapté les repas ;
- *en termes d'adaptation des locaux* :
  - 179 établissements (soit 9%) ont fermé les volets ;
  - 100 établissements (soit 5%) ont procédé à l'aération des locaux, généralement la nuit ;
  - 8 établissements ont procédé à l'arrosage des toitures et des bâtiments.

## Synthèse des chiffres clés

- **84 %** des unités de soins de longue durée et des maisons de retraites dans les établissements publics de santé n'ont aucune installation de climatisation ou de rafraîchissement de l'air
- **68 %** des hôpitaux locaux publics n'ont aucune installation de climatisation ou de rafraîchissement de l'air
- **83 %** des unités de soins de longue durée et des maisons de retraites dans les établissements privés de santé n'ont aucune installation de climatisation ou de rafraîchissement de l'air
- **57 %** des établissements privés de soins de suite et de réadaptation n'ont aucune installation de climatisation ou de rafraîchissement de l'air
- **53 %** des établissements privés de soins de longue durée n'ont aucune installation de climatisation ou de rafraîchissement de l'air
- **4 %** des établissements équipés d'une installation de climatisation ou de rafraîchissement de l'air bénéficient d'un tel système dans leurs unités de soins de longue durée
- **2 %** des établissements équipés d'une installation de climatisation ou de rafraîchissement de l'air bénéficient d'un tel système dans leurs services de gériatrie

## 4.3- LES ETABLISSEMENTS MEDICO-SOCIAUX

Tableau V : les différents d'établissements médico-sociaux et le nombre de lits d'hébergement

Type d'établissements	Nombre d'établissements	Nombre de places
<b>Maisons de retraite, dont :</b>	6 534	431 033
• <i>Secteur public</i>	2 755	217 406
• <i>Secteur privé non lucratif</i>	2 112	127 025
• <i>Secteur privé lucratif</i>	1 667	86 602
<b>Logements foyers, dont :</b>	3 023	157 619
• <i>Secteur public</i>	2 094	109 355
• <i>Secteur privé non lucratif</i>	811	42 069
• <i>Secteur privé lucratif</i>	118	6 195
<b>Hébergements temporaires</b>	154	2 898
<b>Établissements expérimentaux</b>	44	288
<b>Total pour les établissements médico-sociaux</b>	<b>9 755</b>	<b>591 838</b>

Source : FINESS 2003

#### **4.3.1- Les établissements équipés et types d'établissements**

Les taux de réponses sont satisfaisants compte tenu des délais impartis puisque près de 73% des établissements publics et 62% des établissements privés ont répondu à l'enquête. Parmi les établissements ayant répondu, environ 12% des établissements publics et 24 % des établissements privés déclarent être équipés en installation permettant de maîtriser la température de l'air.

- Parmi ces établissements :

- 62% des établissements publics et 54 % des établissements privés sont équipés en "système de climatisation"
- 23 % des établissements publics et 26 % des établissements privés sont équipés en "système de rafraîchissement"
- 5 % des établissements publics et privés déclarent être équipés d'autres systèmes. Très souvent, il s'agit de ventilateurs.

#### **4.3.2- Les types de locaux équipés en climatisation**

- dans le secteur public, ce sont principalement les salons, et salles à manger et accessoirement les chambres (1430) qui sont équipés,
- dans le secteur privé, on constate que ce sont les mêmes locaux qui sont équipés, mais en nombre quasiment double, ainsi que 3600 chambres.

#### **4.3.3- Le coût moyen d'investissement au m<sup>2</sup> et maintenance des installations**

Les fourchettes de prix communiquées sont extrêmement disparates allant de 10 euros à 30000 euros et ne permettent pas d'avoir une idée, même approximative, du coût moyen d'une installation. Seule une analyse fine tenant compte du contexte spécifique du bâtiment et de son environnement permettrait de proposer une réponse à cette question, ce qui n'est pas envisageable dans le cadre de cette enquête.

S'agissant de la maintenance des installations, il se révèle que, lorsqu'elle est assurée, les établissements ont plutôt recours à une société de maintenance et ce tant pour le secteur public que pour le secteur privé.

- 45 % des établissements publics équipés déclarent avoir recours à une société alors que 35 % déclarent assurer en interne la maintenance des installations dont ils disposent,
- 46 % des établissements privés équipés déclarent avoir recours à une société alors que 22 % déclarent assurer en interne la maintenance des installations dont ils disposent, soit à peu près les mêmes proportions pour les deux secteurs.

Il convient toutefois de noter que près de 20 % des établissements publics et 32 % des établissements privés semblent ne pas assurer du tout de maintenance de leurs installations.

#### **4.3.4- Les prévisions d'installations d'équipements permettant de maîtriser la température de l'air**

- 57 % des établissements publics et 68 % des établissements privés, non équipés en installations de climatisation, déclarent vouloir disposer d'un équipement (la nature de l'équipement n'est pas précisée) en 2004.

Concernant les prévisions budgétaires, il ressort que pour procéder à ces travaux, un investissement moyen d'environ 14 100 euros serait prévu par établissement du secteur public et 10 900 euros par établissement du secteur privé.

## **5- LA CLIMATISATION DES LOCAUX**

### **5.1- LA TYPOLOGIE GENERALE DES APPAREILS ET SYSTEMES DE CLIMATISATION**

Les systèmes de climatisation se divisent en deux grandes familles selon la technique mise en œuvre :

- un générateur thermodynamique, à compression mécanique de vapeur ou à absorption
- une centrale de traitement d'air.

Ci-après sont présentés les principes de fonctionnement de ces techniques de climatisation ainsi que la classification des produits correspondants. Les différents systèmes de climatisation se distinguent par les lieux de production de chaleur et de froid. On parle alors de systèmes individuels, centralisés, semi-centralisés ou décentralisés :

- les climatiseurs individuels sont des appareils autonomes placés dans chaque local à rafraîchir ;
- les systèmes centralisés ou semi-centralisés sont composés de groupes de production de froid souvent réversibles (avec production de chaud) disposés dans des locaux techniques et d'une distribution par des systèmes « tout air » ou « tout eau » dans les locaux du bâtiment à rafraîchir ou à chauffer ;
- Les systèmes décentralisés ont recours à des unités divisionnaires qui sont installées dans chaque local ou chaque zone du bâtiment et qui sont raccordées à une boucle d'eau parcourant le bâtiment.

#### **5.1.1- La climatisation individuelle**

Ces appareils sont conçus pour rafraîchir un seul local. Ils sont parfois réversibles et peuvent assurer ou contribuer aux besoins de chauffage. On parle de systèmes à détente directe, c'est à dire qu'ils produisent directement le froid dans l'unité de climatisation placée à l'intérieur du local à climatiser. La climatisation à détente directe est utilisée dans le résidentiel et dans le petit et moyen tertiaire existant.

Les climatiseurs individuels sont des appareils monoblocs ou bi-blocs (split-system) à condensation par air ou par eau. Ils ventilent, rafraîchissent, déshumidifient et peuvent également assurer le chauffage.

On recense dans cette catégorie :

- les climatiseurs air/air
- les climatiseurs à condensation par eau
- les centrales autonomes à condensation par air ou par eau
- les roofs-tops (unités de toitures).

### **5.1.2- La climatisation centralisée ou semi-centralisée « tout air »**

Le système de climatisation «tout air » comprend une centrale de traitement d'air et quatre réseaux d'air : l'amenée d'air extérieur, la reprise de l'air des locaux, l'insufflation dans les locaux d'un mélange d'air repris et d'air extérieur et l'évacuation d'air excédentaire. On considère quatre types de systèmes « tout air » :

- les systèmes centralisés à débit d'air constant
- les systèmes semi-centralisés à débit d'air constant
- les systèmes tout air à débit variable
- les unités terminales de traitement d'air

Comme son nom l'indique, la centrale de traitement d'air est un assemblage de composants qui assurent différentes fonctions de traitement de l'air telles que :

- le refroidissement et la déshumidification
- le chauffage
- l'humidification
- la filtration
- la circulation de l'air

Les centrales de traitement d'air véhiculent de forts débits d'air pour des puissances moyennes, avec un fort encombrement. Les gammes existantes se situent entre 10 000 et 60 000 m<sup>3</sup>/h. Au delà de ces débits, on couple plusieurs centrales.

L'installation d'une centrale de traitement d'air nécessite de prévoir un local technique ou un emplacement en toiture et un important réseau de gaines de reprise et de soufflage.

En effet, l'encombrement est une caractéristique connue des centrales de traitement d'air. Leurs dimensions sont bien souvent très importantes par rapport à la puissance thermique délivrée. En revanche, leur maintenance est simple et localisée. Elle porte essentiellement sur l'entretien des filtres et la vérification des courroies d'entraînement du ventilateur.

### **5.1.3- La climatisation centralisée ou semi-centralisée « tout eau »**

Chaque local est alimenté en eau froide et/ou eau chaude à partir d'une production centralisée. Les groupes refroidisseurs de liquide, réversibles ou non, sont utilisés comme groupes de

production dans les systèmes de climatisation « tout eau » et la diffusion de l'air chaud ou froid est assurée par des :

- ventilo-convecteurs
- unités terminales
- planchers chauffants/rafraîchissants
- plafonds rafraîchissants
- poutres froides.

#### **5.1.4- La climatisation décentralisée par unités réversibles sur boucle d'eau**

Le chauffage et le rafraîchissement nécessaires aux locaux sont fournis par des pompes à chaleur réversible eau/air qui puisent ou restituent de l'énergie thermique sur une boucle d'eau commune.

Dans la suite vont être considérés successivement les installations qui peuvent équiper un bâtiment déjà existant, puis le cas des installations plus adaptées aux travaux lourds de rénovation.

### **5.2- LE CAS DE LA CLIMATISATION D'UNE ZONE REFUGE**

Il s'agit de présenter sommairement les systèmes utilisables dans le cadre de la climatisation d'une zone refuge, c'est à dire d'un local dans lequel on suppose qu'il serait possible de regrouper, éventuellement par roulement, les malades d'un établissement hospitalier ou ceux d'un service donné.

En première approximation, on considère qu'il est possible de disposer d'un local d'une centaine de m<sup>2</sup> dans lequel il est supposé possible de rassembler entre 15 et 50 personnes selon que ces personnes se déplacent sur une chaise ou sur leur lit.

On peut évaluer en toute première approche que la puissance à installer est de l'ordre de 10 kW pour une salle de 100 m<sup>2</sup> sur la base d'un ratio de 100 W /m<sup>2</sup>

#### **5.2.1- Les éléments à prendre en compte**

##### *5.2.1.1- Les caractéristiques des locaux*

- la situation du local dans le bâtiment (étage courant, rez-de-chaussée, en dernier niveau)
- disposition des lieux (salle en partie centrale du bâtiment, donnant sur façade ou sur pignon)
- géométrie et éléments constructifs des locaux (présence de poutres, de vitrages ...)
- protections solaires

##### *5.2.1.2- Les caractéristiques du climatiseur*

Le choix du climatiseur peut- être influencé par quatre facteurs en particulier :

- la puissance frigorifique
- la technologie de l'appareil et son niveau sonore
- l'implantation et la forme de l'appareil
- caractéristiques de soufflage (diffusion de l'air)

### 5.2.1.3- Les éléments complémentaires

Dans le cas précis d'une installation en premier équipement sur des bâtiments existants, les priorités par rapport au choix du système seront la facilité d'installation, l'intégration du nouveau matériel dans le milieu et un investissement le plus faible possible ( coût initial d'installation, coût d'exploitation et de maintenance).

Dans ce cas, comme dans le cas de nouveaux bâtiments, il convient de sélectionner des systèmes en tenant compte d'un niveau sonore réduit afin de respecter la tranquillité des personnes, de la facilité de maintenance, du risque sanitaire.

Enfin, dans tous les cas, il ne faudra pas négliger la stratégie d'aménagement de la salle dans son ensemble, pour assurer aux personnes un confort maximum (réflexion sur un système de protection des vitrages contre le soleil, notamment par l'utilisation de stores adaptés ou de vitrages athermiques, système de diffusion de l'air le moins agressif possible ...).

## 5.2.2- Revue critique des appareils de climatisation pour une utilisation en zone refuge

### ➔ Les climatiseurs air/air individuels

- Le monobloc air/air : ou climatiseurs de fenêtre  (« window »)

Ce sont des climatiseurs monoblocs à condensation par air. Ces appareils peuvent être réversibles.

Si leur installation nécessite le perçage d'une paroi extérieure (baie ou mur), en revanche, elle n'exige pas de place à l'extérieur ou dans un local annexe, ni un plafond libre ou un faux plafond. Cependant, ils sont souvent bruyants.

- Le Split system air/air (ou système à éléments séparés)

Les unités de condensation et d'évaporation sont séparées et reliées par des liaisons frigorifiques et électriques dont la longueur peut être adaptée au cas traité dans les limites autorisées par le constructeur, ce qui autorise une grande souplesse d'installation.

L'unité de condensation est refroidie par air, elle est donc située à l'extérieur. Les condenseurs à air sont réversibles, une batterie électrique pouvant venir en appoint.

Les appareils à éléments séparés à air exigent de la place à l'extérieur pour disposer l'unité extérieure. Les plafonniers intégrés et les unités de plafond avec conduit demandent un faux plafond pour l'installation de l'unité intérieure. Les plafonniers rapportés demandent de la place au

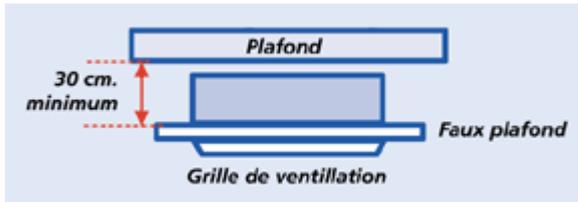
plafond. Les unités murales nécessitent un mur libre et les consoles une allège libre et de la place au sol.



Splits muraux



Split allège/plafonnier



Unités de plafond



Split cassette murale

- Le Multisplit air/air

Le principe et la technologie de ces systèmes est variable et dépend des constructeurs. Le plus simple est un système permettant de raccorder deux unités intérieures à une unité extérieure comprenant deux compresseurs, pour climatiser deux locaux de façon indépendante. Des systèmes plus élaborés permettent de raccorder directement plusieurs unités intérieures à une seule unité extérieure.

On distingue le multisplit air/air direct, c'est à dire que l'air est soufflé directement dans le local ; et le multisplit local air/air gainable, c'est à dire qu'une seule unité d'évaporation alimente plusieurs bouches de soufflage. Ce système implique la présence d'un faux plafond, et il convient de vérifier que la perte de charge du réseau est compatible avec la pression disponible en sortie de l'appareil.



Multisplit

- Le Multisplit VRV (Volume de Réfrigérant Variable)

Ce sont des systèmes dont le Volume de Réfrigérant est Variable. Ils utilisent le fluide frigorigène comme élément de transfert thermique pour le rafraîchissement et le chauffage des ensembles collectifs. Ce système est conçu sur le principe du multisplit qui permet d'utiliser jusqu'à 15 unités intérieures avec une seule unité extérieure.



Avec ces systèmes VRV, la longueur des canalisations frigorifiques peut atteindre 100m par unité intérieure avec une dénivellation maximum de 50 m et un écart entre les unités intérieures les plus basses et les plus hautes de 15 m de circuit. Ces longueurs importantes offrent une large possibilité d'installation et une grande capacité d'adaptation dans les bâtiments existants. L'installation d'un système multisplit dans un bâtiment existant nécessite des travaux relativement importants, en particulier si le bâtiment n'est pas équipé de faux plafonds pour faire passer les liaisons frigorifiques et les boîtes de connexion VRV.

### ➔ Les climatiseurs à condensation par eau

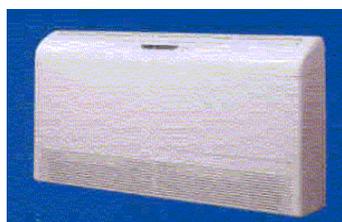
Dans le cas où il n'est pas possible d'évacuer les calories dans l'air, les appareils à condensation à eau représentent une solution pour climatiser les pièces indépendantes. Tout le circuit frigorifique est renfermé dans un seul appareil, la condensation dans ce cas se fait par de l'eau. Un raccordement à un réseau d'eau est donc nécessaire. Il convient de noter que la forte consommation d'eau en circuit ouvert liée à l'utilisation de ces appareils en limite fortement l'intérêt économique (et écologique). Ces appareils sont donc à déconseiller dans le cadre d'un usage centré sur des périodes de canicules au cours desquelles l'alimentation en eau peut être restreinte.



#### • Les centrales autonomes à condensation par air ou par eau

La centrale autonome assure la circulation et la filtration de l'air, le refroidissement, la déshumidification, la régulation et le chauffage par résistances électriques ou par inversion de cycle. La diffusion et la reprise d'air s'effectuent soit directement par des grilles de soufflage et de reprise, soit par l'intermédiaire de réseaux de gaines.

En version monobloc horizontale, elles sont destinées à être raccordées à un petit réseau de soufflage et de reprise. En version monobloc verticale, elles sont placées dans un local technique et sont raccordées à deux réseaux de conduits.



Armoire

En version bi-blocs, l'unité intérieure est verticale (appelée aussi armoire de climatisation). Elle peut être équipée d'un plénum pour un soufflage direct en ambiance ou bien être située dans un local technique et être raccordée à un réseau de gaines.

Pour les unités à condensation par eau, le refroidissement du condenseur est assuré par un circuit d'eau de ville ou d'eau pulsée relié à un aéroréfrigérant en circuit fermé ou à une tour de refroidissement qui peut être installée à une certaine distance de la centrale de climatisation (toiture ou terrasse).

#### • Les roof-tops

Le roof-top est un appareil air/air de grande puissance, installé sur les toits des grandes surfaces commerciales ou des locaux industriels, en général à



un seul niveau. Un appareil est capable de desservir une surface d'environ 700 m<sup>2</sup>. Il peut être réversible et assure la ventilation et le chauffage par résistances électriques ou par inversion de cycle. Ce type d'appareil est inapproprié au traitement d'une salle de petite surface.

### ➤ La climatisation « tout air »

#### • Système semi-centralisé à air

Les systèmes semi-centralisés à débit d'air fixe sont composés d'une centrale de traitement d'air générale complétée par des mini centrales par zone qui assurent un complément de traitement et la répartition des flux d'air entre les différentes zones du bâtiment. Ces systèmes sont bien adaptés à la climatisation et au chauffage des établissements de petite ou moyenne surface ou des grands immeubles ayant des zones thermiques différentes.

### ➤ La climatisation à eau glacée

#### • Système semi-centralisé à eau (type Aquagreen)

Ces systèmes utilisent l'eau comme fluide frigoporteur, leur architecture est simple : un groupe de production frigorifique (réversible ou non), un module de distribution hydraulique et des unités terminales de traitement d'air. Les groupes de production



frigorifique couvrent une large gamme de puissance dans différents modèles, laissant un choix important à l'installateur. Le choix de la forme et de la puissance des unités terminales est très important, on y retrouve le ventilo-convecteur d'allège ou gainable ou en faux-plafond, mais l'accent est mis sur des unités issues de la climatisation individuelle.

On retrouve le principe des systèmes multisplit, le transfert de la puissance frigorifique étant assurée dans ce cas par de l'eau glacée et non par un fluide frigorigène.

En résumé, les principaux équipements pouvant être adaptés à la climatisation d'une zone refuge dans les établissements de personnes âgées sont mentionnés dans le tableau VI.

Tableau VI : équipements pouvant être adaptés à la climatisation d'une zone refuge

Air refroidi localement		Air refroidi localement à partir d'une production centralisée d'eau froide		Air refroidi de façon centralisée
Sans apport d'air neuf	Avec apport d'air neuf	Sans apport d'air neuf	Avec apport d'air neuf	Avec apport d'air neuf
<i>Climatiseurs individuels, mobiles ou fixes</i>	aucun	<i>Ventilo-convecteurs et cassettes à eau</i>	<b>Unités terminales de traitement d'air</b>	<b>Centrales de traitement d'air</b>
<i>Centrale autonome à condensation par air</i>	aucun			<b>Centrales de traitement d'air + unités terminales de traitement d'air</b>

- en *italique* : les équipements qui semblent raisonnablement pouvoir être utilisés dans le premier équipement d'un bâtiment existant, avec des coûts d'investissement et des difficultés d'installation variables selon le bâtiment considéré.
- en **gras** : les équipements qu'on utilisera a priori plutôt dans un bâtiment existant uniquement s'ils équipent déjà le bâtiment considéré

### **5.2.3- Le coût de l'installation**

Le prix de vente des petits climatiseurs dépend du fournisseur, de leur puissance frigorifique, de leur type (monobloc, split à air, à eau, à réseau de conduits ...) et de leur niveau de sophistication (type de régulation, type de fluide ...). Les prix sur les catalogues des constructeurs sont généralement des prix hors pose. Un appareil mobile nécessite la mise en place d'un conduit extérieur (intervention simple). Les appareils mobiles peuvent être du type simple ou double conduit et nécessitent une intervention d'installation pour le passage de ces conduits. Ils peuvent être également du type split. Dans ce cas, il convient d'installer l'unité extérieure sur un balcon ou un rebord de fenêtre et de connecter les deux unités par les liaisons frigorifiques.

Il est difficile de déterminer un coût pour les installations générales sans faire référence à un cas précis. Cependant, les constructeurs retiennent, dans leurs estimations, un coût d'installation allant de 40 à 100 % du prix du climatiseur selon la difficulté de l'intervention.

### **5.2.4- Le coût de fonctionnement**

Le coût de fonctionnement dépend des charges à évacuer, des performances de l'appareil et du coût de l'énergie et de l'eau. Pour fixer des ordres de grandeur, on propose par exemple :

- un local de 100 m<sup>2</sup>, équipé d'un appareil frigorifique de 10 kW et d'une efficacité supposée de 2,5 (on prend une efficacité moyenne pour être sûr de ne pas sous estimer le coût)
- un fonctionnement de 10 heures par jour pendant 21 jours (supposition sur une période caniculaire de l'été), soit 210 heures.
- *Pour un appareil à refroidissement à eau, le débit d'eau est égal à 50 l/h/kW*
- Coût de l'électricité égal à 0,1058 € TTC/kWh, tarif bleu option base de la métropole, celui de l'eau est à 4 € TTC/m<sup>3</sup> (ce coût est très variable selon les régions)

$$\text{Consommation électrique} : 210 \times 10/2,5 = 840 \text{ kWh}$$

$$\text{Coût} : 840 \times 0,1058 = 88,872 \text{ € TTC}$$

$$\text{Consommation d'eau} : 210 \times 10 \times 0,050 = 105 \text{ m}^3$$

$$\text{Coût} : 105 \times 4 = 420 \text{ € TTC}$$

- Coût pour un appareil individuel : 5 € TTC pour 10 h de fonctionnement

On constate, en cas d'utilisation d'un appareil à refroidissement à eau, que le coût de l'eau est beaucoup plus important que celui de l'électricité.

Un appareil individuel de climatisation dispose d'une puissance électrique de 900 à 1000 W . A titre comparatif, il est rappelé qu'un ventilateur de table dispose d'une puissance de 20 W à 100 W selon les modèles.

### **5.3- LE CAS D'UNE RENOVATION LOURDE OU D'UN BATIMENT NEUF**

Que ce soit dans le cadre de sa future construction ou de sa rénovation lourde (300 bâtiments rénovés par an), un bâtiment peut recevoir les mêmes systèmes que ceux proposés pour la climatisation d'une zone refuge.

On peut également mettre en place des systèmes plus complexes, qui présentent des avantages non négligeables en termes de performance et de confort. Parmi ceux-ci, on notera les systèmes de climatisation tout eau (plafonds et planchers froids, poutres froides, ventilo-convecteurs), ainsi que les systèmes centralisés et les techniques de ventilation par déplacement. Dans un premier temps, nous nous intéresserons aux avantages de la réversibilité des systèmes.

#### **5.3.1- Les systèmes réversibles**

La réversibilité d'un système assure la climatisation en été et le chauffage en hiver. Dans le cas d'une implantation de la climatisation dans des locaux déjà bâtis, c'est une option intéressante, qui implique toutefois de reprendre la régulation du chauffage existant. Cette reprise n'est pas toujours facile à mettre en œuvre et demandera que l'on reconsidère les puissances de chauffage installées, notamment à l'occasion du remplacement des équipements thermiques.

Dans le cas spécifique d'une rénovation lourde, on peut mettre en place un nouveau système en version réversible. En mode froid, l'échangeur de l'unité intérieure est l'évaporateur de la machine frigorifique. Le climatiseur refroidit et déshumidifie l'air du local. L'échangeur de l'unité extérieure est le condenseur. En mode chaud, l'unité intérieure devient le condenseur et l'unité extérieure, l'évaporateur. L'inversion du cycle frigorifique qui permet le passage du mode de fonctionnement chaud à froid se fait par une vanne quatre voies.

#### **5.3.2- La diffusion d'air**

La diffusion de l'air fait partie des facteurs importants du confort. En effet, il est important que l'air diffuse bien à l'intérieur du local, sans effets gênants de vitesse et de température du jet sur les occupants. Dans le cas des systèmes de climatisation individuels, on utilise une ventilation par mélange qui consiste à souffler de l'air à une vitesse et à une température suffisante pour qu'il se mélange avec l'air du local.

Il existe cependant des systèmes de diffusion par déplacement d'air qui apportent un niveau de confort supérieur. Leur installation nécessite des travaux plus lourds que celle des systèmes à ventilation par mélange, et ne peut s'envisager que dans le cas d'une rénovation lourde du bâtiment.

Ce système de diffusion à déplacement d'air encore peu développé en France consiste à diffuser de façon particulière l'air traité. Des diffuseurs d'air, installés en partie basse des locaux insufflent à très faible vitesse de l'air frais qui se disperse au sol. En se réchauffant au contact des sources

chaudes présentes dans le local (occupants, lampes ...) cet air se développe en panaches verticaux qui entraînent la chaleur et l'air pollué vers la partie haute du local dans laquelle ils sont évacués. Ce système peut assurer en hiver le chauffage des locaux.

## **5.4- LA MAINTENANCE ET L'UTILISATION DES DIFFERENTS SYSTEMES**

### **5.4.1- Les dimatiseurs individuels, climatiseurs à condensation par eau, centrales autonomes à condensation par air ou par eau**

#### **➔ Maintenance**

- L'entretien régulier du filtre à air est indispensable. Il doit être nettoyé lors de la mise en fonction des équipements et tous les quinze jours en période d'utilisation régulière. Les filtres peuvent être lavés avec une solution détergente neutre et ensuite correctement séchés avant d'être replacés.
- Bonne évacuation des condensats, propreté du bac à condensats
- 

#### **➔ Utilisation**

- Réglage correct de la consigne pour obtenir une température intérieure pas trop basse,
- Ne pas oublier que le système n'assure pas l'apport d'air neuf / le renouvellement d'air

### **5.4.2- Les ventilo-convecteurs et cassettes à eau**

#### **➔ Maintenance**

- L'entretien régulier du filtre à air est indispensable. Il doit être nettoyé lors de la mise en fonction des équipements et tous les quinze jours en période d'utilisation régulière. Les filtres peuvent être lavés avec une solution détergente neutre et ensuite correctement séchés avant d'être replacés.
- Bonne évacuation des condensats, propreté du bac à condensats

#### **➔ Utilisation**

- Réglage correct de la consigne pour obtenir une température intérieure pas trop basse.
- Ne pas oublier que le système n'assure pas l'apport d'air neuf / le renouvellement d'air et qu'il est impératif de prévoir l'ouverture des fenêtres ou des portes extérieures pendant la période fraîche (la nuit).

#### **5.4.4- Les unités terminales de traitement d'air, centrales de traitement d'air**

Ces installations ne répondant pas aux besoins en équipement pour des bâtiments existants pour des coûts et des délais raisonnables, les recommandations d'installations et de maintenance sont explicités dans le guide « Climatisation et Santé » publié par UNICLIMA et ne sont pas reprises en détails dans ce paragraphe. Cependant, il faudra porter l'attention sur les différents éléments suivants :

- à la maintenance des filtres
- au recyclage de l'air
- au respect des débits d'air
- à la bonne évacuation des condensats
- au bruit
- à la propreté du réseau de gaines d'air
- à la qualité de la diffusion de l'air

## 6- L'IMPACT SANITAIRE

### 6.1- L'IMPACT DE LA TEMPERATURE

Une des exigences physiologiques fondamentales de l'homme est le maintien de son corps à une température sensiblement égale à 37°C. Dans un environnement normal, l'homme produit plus de chaleur qu'il n'en a besoin. L'évacuation de la chaleur excédentaire se fait suivant quatre types d'échanges : conduction, convection, rayonnement et évaporation.

- les échanges caloriques par *conduction* sont négligeables, compte tenu de la faible conductivité de l'air, surtout s'il est sec. Ils n'augmentent que chez les personnes allongées sur une surface fortement conductrice (en pierre ou en métal par exemple) et dont la température est différente de celle du corps.
- les échanges par *convection* sont proportionnels à la vitesse de l'air ambiant et à la différence de température entre le corps et l'ambiance. La vitesse de l'air est généralement faible et la température du corps assez proche de celle de l'ambiance. Ces échanges se situeraient, en situation normale, autour des 25 % du total des échanges calorifiques, mais leur part diminue en période caniculaire.
- Les échanges par *rayonnement* se font entre le corps humain et les parois du local où il se trouve. Ils dépendent largement de la différence entre la température superficielle moyenne du corps et la température radiante moyenne des parois.
- Les échanges par *évaporation* se font par respiration et sudation. Ils peuvent représenter en situation normale de l'ordre de 30 % du total des échanges calorifiques et beaucoup plus en période caniculaire.

Les proportions respectives de ces divers échanges peuvent naturellement varier sans que l'individu éprouve une gêne quelconque. Le corps humain a un mécanisme régulateur très sensible qui lui permet de maintenir son équilibre thermique avec l'ambiance, sous réserve que les variations de cette dernière, et en particulier celle de la température, ne soient pas trop rapides. En cas d'écart trop important (> 7 °C) entre la température extérieure ou la partie non climatisée du bâtiment et le local naturellement rafraîchi ou climatisé, il peut apparaître chez les personnes entrant dans le local une sensation de froid avec frissons. C'est pourquoi, afin de prévenir tout choc thermique, il est nécessaire de prévoir un accompagnement de ces personnes, ainsi qu'un habillement supplémentaire que l'on enlèvera ensuite.

La sensation de froid s'amplifie avec une vitesse d'air frais trop élevée ou la proximité des personnes avec une bouche de diffusion d'air. Cette sensation de « courant d'air frais » ou « douche froide » peut être à l'origine de douleurs cervicales et de torticolis. Le risque sanitaire est

d'ordre infectieux, ORL ou respiratoire, surtout chez les personnes aux défenses amoindries, avec le développement de virus ou de bactéries initialement présents dans les voies respiratoires du sujet.

## **6.2- L'IMPACT DE L'HUMIDITE DE L'AIR**

L'humidité de l'air a des répercussions directes sur certaines fonctions de l'homme. La fonction respiratoire en particulier peut-être gênée par une humidité relative inférieure à 30 %. De même, l'effet de la sudation est considérablement réduit lorsque le degré hygrométrique dépasse 60 %, Dans ce cas si l'abondance de la sudation reste identique, l'air ne peut plus absorber de vapeur d'eau, une partie de la sueur ruisselle et ne participe plus aux échanges thermiques. Pour des températures comprises entre 18 et 25 °C, l'humidité relative peut varier sans inconvénient entre 30 et 70 %.

## **6.3- L'IMPACT DES CLIMATISEURS INDIVIDUELS**

### **6.3.1- La nuisance sonore**

La nuisance sonore est souvent très fortement ressentie par les habitants et le voisinage. Dans ces équipements, les sources de bruit sont :

- à l'intérieur : le ventilateur à plusieurs vitesses de rotation et le flux d'air, lors de son passage à travers la grille et les ailettes
- à l'extérieur : le ventilateur hélicoïde et le compresseur frigorifique, bien qu'ils soient hermétiques pour réduire l'émission de bruit et montés sur plots antivibratiles pour diminuer la transmission des vibrations.

(Voir au chapitre Réglementation du présent document les éléments réglementaires à prendre en compte.)

### **6.3.2- Les réactions à la poussière**

Les filtres s'encrassent et peuvent libérer des particules minérales ou organiques à l'origine de phénomène d'irritations des yeux ou des voies respiratoires. Ces irritations, sans réaction allergique vraie, seront d'autant plus fortes que les sujets seront fragilisés et que l'air sera trop sec.

### **6.3.3- Les réactions aux micro-organismes**

Les climatiseurs individuels ne sont pas un lieu propice à la multiplication des micro-organismes (acariens, bactéries et moisissures) qui se développent dans des milieux chauds et humides.

## **6.4- L'IMPACT DE LA CLIMATISATION CENTRALISEE**

Les installations centralisées de climatisation comprennent un ventilateur, un système de production de froid (et de chaleur), un circuit de distribution, des équipements de diffusion d'air, soit par des bouches de soufflage et de reprise, soit par des unités terminales (ventilo-convecteurs...).

### **6.4.1- L'inconfort en milieu climatisé et le syndrome des bâtiments malsains**

Ces impacts ont été essentiellement étudiés dans le cas des immeubles de bureaux. Il convient de souligner qu'on ne dispose pas de données spécifiques pour les personnes âgées.

Le pourcentage de plaintes d'inconfort est très variable selon le bâtiment climatisé. Les occupants se plaignent de variations de températures et de sécheresse de l'air. Ces plaintes sont plus fréquentes parmi les personnes de moins de 40 ans, les femmes, les personnes allergiques et les personnes présentes dans le bâtiment depuis moins de 5 ans.

Le syndrome des bâtiments malsains (SBS, sick building syndrome) regroupe un ensemble de symptômes, sans atteintes organiques, qui disparaissent ou diminuent d'intensité, lorsque les personnes quittent les locaux climatisés.

Les manifestations les plus fréquentes observées sont la sécheresse et l'irritation des yeux, la sécheresse et la démangeaison de la peau, l'inflammation et l'obstruction nasale, des douleurs pharyngées et un enrrouement, des manifestations sensorielles, neuropsychiques et générales (fatigue, maux de tête, vertiges). Elles sont plus souvent retrouvées chez les femmes jeunes et les personnes allergiques.

### **6.4.2- Les problèmes allergiques et infectieux**

La pénétration et le développement, dans les installations de climatisation, de moisissures ou de bactéries peuvent être à l'origine de manifestation de type allergique, toutefois relativement rares, ou infectieux. Leur prévention dépend essentiellement de la qualité de l'entretien du système.

#### **⇒ L'alvéolite allergique extrinsèque**

L'exposition importante et prolongée à des particules organiques de très petite taille, dans lesquelles ont été isolées des bactéries de type actinomycètes ou diverses moisissures, induit une inflammation au niveau des alvéoles pulmonaires avec toux, fièvre et sensation d'étouffement.

#### **⇒ La maladie des climatiseurs ou fièvre des humidificateurs**

Les symptômes apparaissent dès le retour dans les locaux climatisés et disparaissent au bout de 24-48h, même si l'exposition persiste. Ils se caractérisent par un pic fébrile, des courbatures ou des douleurs musculaires, des maux de têtes, de la fatigue et une oppression respiratoire.

La présence de divers micro-organismes dans l'eau des humidificateurs (bactéries, moisissures, protozoaires) et leurs endotoxines et mycotoxines a été incriminée dans l'apparition de ces

symptômes, lors du démarrage des humidificateurs après une période d'arrêt plus ou moins prolongée.

#### ⇒ L'aspergillose pulmonaire invasive

Cette maladie infectieuse concerne essentiellement les personnes immunodéprimées ou particulièrement fragiles. Le champignon colonise l'ensemble de l'organisme. La climatisation peut véhiculer les spores des champignons, dispersés à l'occasion de divers travaux : percements de galeries, changement d'huissières, travaux de fondation...

#### ⇒ Des manifestations allergiques

Elles ne touchent que les sujets sensibles lorsqu'ils sont exposés à l'allergène : rhinite, sinusite, urticaire, eczéma, conjonctivite, asthme. Les pneumallergènes pouvant se développer dans les installations de climatisation sont essentiellement les moisissures. Les autres pneumallergènes (acariens, pollens, poils d'animaux, blattes) ne trouvent pas de milieu favorable à leur diffusion et à leur développement dans les installations de climatisation.

Les anticorps du sujet doivent correspondre aux souches de moisissures détectées dans les circuits de climatisation pour incriminer le rôle de la climatisation dans ces manifestations.

#### ⇒ La légionellose

L'évacuation à l'extérieur du bâtiment de la chaleur produite par les installations de production de froid se fait grâce à des circuits de refroidissement associés, dans certains cas, à des tours aéroréfrigérantes, dites par voie humide. Ces tours aéroréfrigérantes refroidissent l'eau ayant circulé dans le condenseur de la machine frigorifique en la pulvérisant sur des structures dans un flux d'air circulant à contre courant à l'aide d'un ventilateur.

Les tours aéroréfrigérantes dites par voie humides, ouvertes ou semi-ouvertes, favorisent le développement des légionelles par une température favorable de l'eau et leur diffusion à l'extérieur par l'intermédiaire d'aérosols composés de micro-gouttelettes d'eau contaminées et associées au panache de vapeur d'eau.

Les aérosols contaminés par les légionelles peuvent pénétrer dans le bâtiment où est implantée la tour ou dans les bâtiments voisins par les prises d'air neuf de la climatisation et par les fenêtres. Des expositions humaines surviennent également dans des lieux de rassemblement extérieurs atteints par les panaches contaminés de tours aéroréfrigérantes, surtout par temps chaud, humide et venteux.

## En résumé

Les impacts sanitaires d'une exposition courte à un air rafraîchi peuvent être résumés de la manière suivante :

- Impact d'un écart trop important de température lors du passage d'un local non climatisé à un local climatisé, entraînant une sensation de froid avec le développement possible de pathologies infectieuses respiratoires, virales ou bactériennes.
- Phénomènes d'irritation de la peau et des muqueuses, oculaires et respiratoires, liés à l'émission de poussières par des systèmes ou appareils mal entretenus.
- Nuisances sonores dues à des climatiseurs individuels de médiocre qualité.
- Plaintes d'inconfort, en cas d'exposition plus longue à un air rafraîchi et sec.
- Plus rarement, des manifestations allergiques liées à un mauvais entretien des installations.
- Par ailleurs, certaines installations de climatisation peuvent engendrer un risque de légionellose lié à une maintenance insuffisante des tours de refroidissement, lorsqu'elles en sont munies.

## 7- L'IMPACT ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENTAL DE LA CLIMATISATION DES LOCAUX SUR LE COURT TERME

La canicule de l'été 2003 a mis en évidence l'importance de trouver des solutions durables dans les établissements sanitaires ou non sanitaires afin d'offrir des lieux « refuge » aux personnes fragiles aux heures les plus chaudes de la journée. Ces lieux devront être équipés d'un système de climatisation ou de rafraîchissement.

Il ne s'agit pas de climatiser toutes les pièces des bâtiments mais d'équiper une ou deux pièces d'un système de rafraîchissement efficace. L'équipement des établissements de santé représente une charge et une responsabilité supplémentaire pour les directeurs d'établissement. Cependant, il ne doit pas se faire au dépend de la qualité des installations afin de préserver efficacement la santé des populations, mais également limiter les consommations énergétiques et donc la production de gaz à effet de serre et de fluides frigorigènes.

Le présent chapitre s'attache à analyser la consommation énergétique et la production de CO<sub>2</sub>, sur le court terme.

L'exercice consiste ici à évaluer la consommation énergétique et les appels de puissance que pourrait engendrer la climatisation limitée à une ou plusieurs pièces dans des bâtiments recevant ces personnes dites « sensibles » pendant des périodes de fortes chaleurs (comparables à l'été 2003). Cette estimation ne sera pas sans conséquence sur la production de fluides frigorigènes et de gaz à effets de serre que nous essayerons de déterminer dans ce paragraphe. Le but étant de proposer une méthode de calcul avant d'exposer les résultats sous forme de tableau. On détaillera ainsi précisément le choix des différents paramètres de la méthode proposée.

### 7.1- LA METHODOLOGIE

La formule proposée ci-après permet d'estimer globalement l'incidence en consommations énergétiques des systèmes en fonction de la surface à climatiser, de la rigueur climatique, de la qualité des bâtiments et systèmes mis en oeuvre.

$$\text{Conso} = S \text{ (m}^2\text{)} \times \text{Rigueur climatique (degrés heures)} \times \text{ratio (Watt/m}^2\text{)}$$

- Surface = surface de la (ou des) pièce(s) à climatiser (en m<sup>2</sup>)
- Rigueur climatique = indicateur des contraintes résultant d'une part de la température extérieure, et d'autre part du niveau de température retenue pour le rafraîchissement.
- Ratio = consommation des systèmes de climatisation exprimée en watt/m<sup>2</sup>. Il caractérise la capacité des bâtiments à éviter les apports de chaleur et des systèmes à produire du froid de manière efficace.

*Nota: cette méthode d'évaluation n'a de sens que pour une approche globale, sur un parc étendu ; elle est sans valeur pour des calculs par bâtiment, au cas par cas.*

L'intérêt de cette approche est de pouvoir montrer l'incidence de certains choix en faisant varier les paramètres.

## **7.2- DISCUSSION DES DIFFERENTS PARAMETRES**

Il s'agit ici de bien poser nos hypothèses de départ et de discuter des différents paramètres qui permettront à terme de calculer les consommations énergétiques (en MWh) que pourrait engendrer la climatisation, lors d'une période caniculaire comparable à l'été 2003 limitée dans le temps (juin, juillet, août) et pour une surface limitée à une ou deux pièces par établissement (exprimée ici en m<sup>2</sup> par personne).

### **7.2.1- La surface**

La surface est un paramètre déterminant, car elle peut faire varier les consommations énergétiques de manière importante. La saisine se concentre principalement sur une surface limitée à une ou deux pièces par établissement. C'est pourquoi ont été calculées les consommations énergétiques pour une surface limitée et non pour l'ensemble du parc.

Il y a plusieurs manières de mesurer cette surface à climatiser : on calcule soit une surface par personne (2 m<sup>2</sup> ou 4 m<sup>2</sup> par personne) soit une surface par bâtiment. Ce dernier mode de calcul correspondrait à une pièce commune où les personnes pourraient se rafraîchir.

Pour des raisons pratiques, nous retenons ici le calcul d'une surface par personne. Le groupe de travail a calculé la surface à climatiser en tenant compte du nombre de personnes maximum pouvant être accueillies dans des établissements de soins ou d'accueil de personnes âgées.

#### **- Nombre de personnes**

668 823 places en établissements d'accueil de personnes âgées

536 992 lits en établissements de soins

Au total ce sont 1 205 815 personnes âgées qui sont concernées

#### **- Surface à climatiser par personne**

2 m<sup>2</sup> / personne, soit 2 411 630 m<sup>2</sup>

ou bien 4 m<sup>2</sup> / personne, soit 4 823 260 m<sup>2</sup>

### **7.2.2- La rigueur climatique**

Les degrés heures sont calculés à partir de données horaires et pour différentes températures de consigne, ainsi que pour la mise en œuvre d'une stratégie de régulation (degrés heures glissants) Cela consiste à maintenir la température intérieure à 25 °C, lorsque la température extérieure est située entre 25 °C et 30 °C. Au-delà de 30 °C, il s'agit de faire « dériver la consigne », c'est-à-dire de maintenir une température intérieure de 5 °C inférieure à la température extérieure, afin d'éviter des situations de "choc thermique" (tableaux VII et VIII).

Les stations suivantes ont été utilisées pour caractériser les différents types de climats.

Tableau VII - Degrés heures de rafraîchissement pour la température de base indiquée (Juin-Août) d'après données météo horaires en moyenne trentenaire et température maximale

Climat	Station	Températures de base (Juin-Août)										
		22	23	24	25	26	27	28	29	30	Tmax	Glissant
Océanique	La Rochelle	1054	703	453	276	155	80	38	~		30.7	273
Océanique "dégradé"	Agen	1826	1294	893	600	385	240	152	98		36.4	530
Continental	Nancy	1380	964	653	420	250	150	85	45		33	398
Méditerranéen	Nice	2636	1690	976	487	207	71	~			28.9	487

Valeurs obtenues à partir des moyennes (trentenaires) des températures horaires réelles observées sur la période

On peut observer que :

- "rafraîchir" à une température intérieure de 25 °C ou plus ne présente pas, en année moyenne, un enjeu énergétique significatif (au point même de ne pas justifier un équipement généralisé pour seulement quelques journées "chaudes") ;
- un dispositif de régulation autorisant une dérive de la consigne lorsque la température extérieure dépasse les 30 °C (pour un rafraîchissement autrement fixé à 25 °C) apporte par rapport à une consigne "fixe" à 25 °C des réductions de besoins frigorifiques modestes en année moyenne (mais sans doute un fonctionnement plus satisfaisant des équipements, une moindre nécessité de "sur dimensionner" et sans doute aussi moins de situations d'inconfort liées à des différences trop importantes de température entre intérieur et extérieur).

Toutefois l'utilisation des degrés heures, si elle permet d'approcher les besoins de chaleur sensible à évacuer, ne prend absolument pas en compte les contraintes liées à la chaleur latente et de manière plus générale les conditions hygrothermiques tant internes qu'extérieures.

Tableau VIII - Degrés heures de rafraîchissement pour la température de base indiquée (juin-août) d'après données météo horaires de Juin à Août 2003 et température maximale

Climat	Station	Températures de base (juin-août)										
		22	23	24	25	26	27	28	29	30	Tmax	Glissant
Océanique	Bordeaux	6938	5753	4723	3840	3095	2472	1964	1536	1182	41	2658
Océanique "dégradé"	Toulouse	8951	4567	6324	5231	4261	3426	2701	2085	1572	40.8	3656
Continental	Strasbourg	5961	4904	3958	3134	2424	1831	1362	997	727	38.5	2406
Méditerranéen	Nice	8490	6691	5120	3776	2651	1740	1045	570	293	35.2	3484

Calcul à partir des températures maxi et mini réelles journalières sur la période + variation horaire simulée.

On peut remarquer que dans des situations de température extérieure exceptionnelle, la modification des consignes génère des économies d'énergie et la stratégie de "dérive" de température intérieure prend tout son intérêt énergétique (et ce d'autant plus que les systèmes installés ont été dimensionnés "au plus juste" et ne seraient pas capables de maintenir les consignes lors de périodes importante de températures extérieures élevées).

L'intérêt de cette approche est de pouvoir bien évaluer l'incidence de la climatisation en situation de climat "normal", en s'appuyant sur des valeurs moyennes, observées sur une grande période ou en situation de canicule, en prenant comme "base climatologique" les relevés de 2003.

En faisant évoluer la température de référence à l'intérieur, on montre également le potentiel de maîtrise des consommations existant selon la consigne de rafraîchissement.

### 7.2.3- Le ratio de puissance frigorifique

Ce paramètre est dépendant de plusieurs variables, l'incidence de chacune est indiquée dans le tableau IX où, pour une même construction (murs et toiture isolés, renouvellement d'air mécanique fixé à 0,8 vol/h,...) on fait varier les apports liés aux vitrages et les apports internes :

- deux "densités d'occupation" sont prises en compte (2 m<sup>2</sup> ou 4 m<sup>2</sup> par personne)
- fenêtres (ensoleillées) avec et sans protection solaire
- éclairage performant (tubes 36 W avec ballasts électroniques) / non performant (tubes 58 W et ballast traditionnel)

Tableau IX : paramètres influençant le ratio de puissance frigorifique

Nombre de personnes (m <sup>2</sup> /personne)	2		4	
	Sans	Avec	Sans	Avec
Protection solaire				
Éclairage	Classique	Perf.	Classique	Perf.
Puissance frigorifique (W/m <sup>2</sup> )	130	90	110	40
Ratio consommation (W/°C.m <sup>2</sup> )	44	36	36	16

Les trois paramètres pouvant avoir une incidence importante sur les consommations d'électricité (en MWh) ont été testés :

- la qualité du bâtiment (bon ou médiocre), tenant compte de la présence ou non de protection solaire et du type éclairage (apport interne)
- la température « rafraîchie » que l'on souhaite obtenir en climatisant
- la surface (2m<sup>2</sup>/pers, 4 m<sup>2</sup>/pers)

Ces paramètres ont été testés suivant deux conditions sur la même période de temps (juin, juillet et août) : en année moyenne de climat « normal » tout d'abord et après une période caniculaire comparable à l'été 2003.

Le parc de bâtiments est réparti pour les calculs selon les quatre "climats" avec la "clef " de répartition suivante, établie sur la base des nombres de lits par région (tableau X).

Tableau X - Répartition du parc selon le climat

Climat	Répartition des surfaces (%)
Océanique	57,7
Océanique "dégradé"	6,2
Continental	26,1
Méditerranéen	10,0

La consommation d'électricité en MWh liée à la climatisation en année moyenne du parc de maisons de retraite (et bâtiments hospitaliers) serait selon l'hypothèse de qualité de bâti et de surface traitée, pour différentes valeurs de consigne intérieure:

Tableau XI - Consommations liées à la climatisation en année moyenne

Qualité bâtiment	Surface	Températures de base				
		22	23	24	25	25 +
Bon	2 m <sup>2</sup> /p	19676	13259	8554	5189	5016
	4 m <sup>2</sup> /p	17489	11786	7603	4613	4459
Médiocre	2 m <sup>2</sup> /p	24048	16205	10454	6342	6131
	4 m <sup>2</sup> /p	39351	26518	17107	10379	10033

\*( 25+) désigne une température de consigne de 25° pour des températures entre 25 et 30°C à l'extérieur et une consigne "glissante" correspondant à un écart de température de 5°C avec l'extérieur au-delà de 30°C extérieur

A la suite d'une période de canicule analogue à celle de l'été 2003, ces consommations deviendraient pour la saison correspondante (tableau XII) :

Tableau XII - Consommations suite à épisode caniculaire

Qualité bâtiment	Surface	Températures de base				
		22	23	24	25	25 +
bon	2m <sup>2</sup> /p	101848	81205	68196	54641	40030
	4 m <sup>2</sup> /p	90532	72182	60618	48569	35582
médiocre	2 m <sup>2</sup> /p	124481	99250	83350	66783	48926
	4 m <sup>2</sup> /p	203697	162410	136392	109281	80060

En conclusion, on peut dire que suite à un épisode caniculaire les consommations électriques sont multipliées en moyenne par un facteur 6 comparé à une année moyenne de climat « normal » pour une période identique.

Un degré de rafraîchissement coûte environ 20 à 25% de consommation en plus, ce qui est loin d'être négligeable.

Ces chiffres nous montrent également l'importance d'une bonne conception du bâtiment qui influence de manière significative les consommations.

#### 7.4- LES CONSEQUENCES : UN APPEL DE PUISSANCE

La puissance électrique appelée au maximum en MW du fait de la climatisation en année moyenne du parc de maisons de retraite (et bâtiments hospitaliers) atteindrait, selon l'hypothèse de surface traitée, pour différentes valeurs de consigne intérieure, les valeurs indiquées dans le tableau XIII.

Tableau XIII - Appel de puissance maximum (MW) lié aux équipements de climatisation en année moyenne

	22	23	24	25	25+
2 m <sup>2</sup> /p	116	104	92	80	60
4 m <sup>2</sup> /p	197	176	156	135	105

A la suite d'une période de canicule analogue à celle de l'été 2003 les appels de puissance électrique maximum, pour la saison correspondante, sont indiqués dans le tableau XIV.

Tableau XIV - Appel de puissance maximum (MW) du à la climatisation en période de canicule

	22	23	24	25	25 (+)
2 m <sup>2</sup> /p	218	206	194	182	80
4m <sup>2</sup> /p	370	350	329	307	135

Nota: pour la stratégie "dérive de consigne", la raison des écarts d'appel de puissance entre année moyenne et année exceptionnelle provient essentiellement d'un coefficient de foisonnement (simultanéité) plus élevé en période de canicule !

#### 7.5- LES FLUIDES FRIGORIGENES

On considère que les installations sont fondées pour 60% (en puissance) sur des groupes refroidisseurs d'eau avec condenseurs à air (la charge est de 0.2 kg/kW et les fluides utilisés se répartissent entre R134A (50%), R407C (25%) et R410a (25%) et 40% sur de la climatisation à air (climatisation centralisée, roof top) dont la charge moyenne est de 0.25 kg/kW, répartie par moitié entre R407C et R410a.

Les charges totales correspondantes en kg sont pour 1 MW installé additionnel, indiquées selon le fluide dans le tableau XV.

Tableau XV - Charge en fluide frigorigène (en kilogrammes)

	R410a	R407C	R134A
Groupes refroidisseurs à eau	30	30	60
Climatisation à air	50	50	

	80	80	60
GWP en kg eq CO <sub>2</sub>	1730	1530	1300

On considère un taux de fuite annuel moyen de 10% pour ces équipements. La contribution des fluides frigorigènes, pour la part liée aux fuites sera estimée en considérant des puissances installées pour une température de rafraîchissement de 25°C.

## 7.6- LES GAZ A EFFET DE SERRE

Les fuites annuelles de fluide selon la taille du parc traité et les émissions de gaz à effet de serre en équivalent CO<sub>2</sub> sont estimées dans le tableau XVI (pour l'ensemble du parc "climatisé").

Tableau XVI - Fuites annuelles de frigorigène et émissions d'équivalent CO<sub>2</sub>

Surface	R410a (t)	R407C (t)	R134A (t)	Te CO <sub>2</sub>
2 m <sup>2</sup> /p	1910	1910	1430	8085
4 m <sup>2</sup> /p	3240	3240	3025	14560

Les émissions liées à la consommation d'électricité en année moyenne sont estimées sur la base d'un contenu CO<sub>2</sub> du kWh électrique de 60g CO<sub>2</sub>/kWh (tableau XVII). Cette valeur est susceptible d'être augmentée en période de canicule en raison d'un appel plus important à la production électrique thermique, du fait d'un appel de puissance lié aux installations de climatisation.

Tableau XVII - Émissions de CO<sub>2</sub> dues aux consommations d'électricité pour la climatisation selon hypothèses de parc et de température de consigne (Te CO<sub>2</sub>)

Qualité bâtiment	Surface	Températures de base			
		22	23	24	25
Bon	2 m <sup>2</sup> /p	1180	795	513	311
	4 m <sup>2</sup> /p	1050	710	455	276
Médiocre	2 m <sup>2</sup> /p	1440	970	630	380
	4 m <sup>2</sup> /p	2360	1590	1030	620

Ainsi, abaisser la température de 5°C engendre 7,5 fois plus d'émissions de CO<sub>2</sub>.

## 8- SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS

Les vagues de chaleur sont connues pour entraîner une mortalité parfois importante. Les premières études européennes sur l'effet des vagues de chaleur, datent des années 1970. Elles concernent, en France notamment, les vagues de chaleur de 1976 et de 1983. En revanche, aux États-Unis, les premières publications relatives aux effets des vagues de chaleur sur la mortalité datent des années 1920.

La surmortalité touche principalement des personnes âgées, voire très âgées, essentiellement de sexe féminin en Europe (et masculin aux États-Unis). La principale cause de mortalité lors des vagues de chaleur n'est pas l'hyperthermie, elle réside plutôt dans l'aggravation brutale d'une pathologie déjà existante ou d'un état de santé globalement précaire elle concerne les personnes autonomes à domicile comme les personnes hébergées en établissements.

La surmortalité lors des vagues de chaleur concerne surtout les grandes agglomérations urbaines. Ce phénomène est dû à de multiples facteurs concernant en particulier l'habitat avec une concentration des décès dans les étages supérieurs des immeubles, situés sous les toits et plus exposés au rayonnement solaire. La pollution atmosphérique urbaine, pratiquement toujours liée aux épisodes de vague de chaleur, est un facteur d'aggravation du risque.

Il existe une forte variabilité inter régionale, actuellement incomplètement expliquée, dans les effets sanitaires d'une vague de chaleur (possible phénomène adaptatif, mais aussi différences de modes de vie, d'habitat et de climatologie) ; on observe également des différences importantes d'un pays à l'autre.

A l'occasion de vagues de chaleur, l'effet bénéfique de la climatisation des locaux est admis sur la base de quelques études scientifiques uniquement américaines, qui concernent presque exclusivement des systèmes centralisés, dans des immeubles d'habitation ou du secteur tertiaire. Il est souvent affirmé dans des publications que le rafraîchissement des personnes sensibles et en particulier des personnes les plus âgées, durant une période de deux à trois heures chaque jour, permettrait de réduire très sensiblement le risque de surmortalité. Cette affirmation, ne repose cependant actuellement sur aucune étude clinique ou épidémiologique mais sur une estimation empirique du temps nécessaire au corps humain pour obtenir le retour à une température normale. On estime de manière purement empirique qu'une durée de rafraîchissement de l'ordre de deux à trois heures offre une relative marge de sécurité. Aucune étude scientifique ne permet non plus actuellement de définir une valeur cible de température, un objectif de l'ordre de 25 ou 26 °C semble raisonnable, afin de ne pas créer un choc thermique important lors du passage dans une pièce rafraîchie ou climatisée. Bien qu'il n'existe actuellement aucune publication scientifique qui démontre l'intérêt d'une telle démarche, mais compte tenu du nombre de décès observés lors de la canicule d'août 2003, il a été proposé de créer dans les établissements d'accueil pour personnes âgées un espace climatisé ou rafraîchi, au sein duquel les résidents pourraient trouver quelques heures par jour un espace tempéré à l'occasion des épisodes de canicule.

La mise en place d'une telle méthode de prévention devra cependant s'accompagner d'une évaluation.

Concernant le choix éventuel de la climatisation d'un espace à l'intérieur des établissements pour personnes âgées, certaines recommandations doivent systématiquement être prises en compte dans la démarche.

### **8.1- PAR RAPPORT AU BATIMENT**

- La climatisation ne saurait être considérée comme une panacée permettant de régler, pour un coût forcément élevé, les erreurs de conception ou de gestion d'un bâtiment. Il est en particulier indispensable de doter les bâtiments de protections solaires de qualité (rideaux, stores, volets, filtres), de limiter les apports internes des équipements électriques (éclairage notamment halogène, TV,..) et si possible d'améliorer l'isolation thermique du local. Lors de la construction de bâtiments neufs, l'orientation des bâtiments et la position des ouvrants doit tenir compte des apports solaires d'été en période de vague de chaleur. En outre, la mise en œuvre d'une climatisation dans un établissement d'hébergement requiert une gestion rigoureuse et un entretien des équipements, si l'on ne veut pas créer un risque supplémentaire pour les personnes hébergées.
- Il est impératif de mettre en œuvre d'abord une bonne gestion des ouvrants en maintenant les portes, les fenêtres et les volets fermés pendant la période d'ensoleillement et en aérant les pièces la nuit, à partir de 2 h du matin, quand la température extérieure nocturne passe par un minimum.
- Il est conseillé en période de vagues de chaleur d'utiliser des pièces naturellement rafraîchies telles que les pièces en sous sol, si l'accès et l'aménagement le permettent. En outre, l'assèchement d'un local humide, en facilitant le phénomène naturel d'évapotranspiration du corps et donc les échanges thermiques diminue le recours à la climatisation.
- Il est conseillé de ne pas s'équiper seul de systèmes de climatisation mais de faire appel à des professionnels afin de dimensionner l'installation au mieux en fonction du type de bâtiment dans une perspective future et à long terme.
- Il est recommandé, afin d'amortir le coût d'investissement, en cas d'installation d'un système de climatisation, d'étudier la possibilité d'installer un système réversible, celui-ci pouvant également servir pour le chauffage moyennant un surcoût de l'ordre de 10 %. De manière générale, il est fortement conseillé de réfléchir aux possibilités d'aménagements et investissements en tenant compte du fait que l'évolution climatique ne se réduira pas à une simple multiplication des périodes de canicule, mais qu'il convient d'optimiser techniquement et économiquement, de façon globale, ces aménagements en fonction des conditions prévalant sur l'année entière.

- L'utilisation de climatiseurs individuels mobiles monoblocs ne saurait être envisagée que comme un pis-aller, lorsque certaines personnes ne peuvent être déplacées. Elle doit s'accompagner d'une mise en œuvre techniquement adaptée, faute de quoi l'efficacité du dispositif serait minime pour une consommation énergétique importante.

## **8.2- PAR RAPPORT A LA CONSOMMATION ENERGETIQUE ET A L'EFFET DE SERRE**

- Il faut limiter la température de rafraîchissement à un niveau (compatible avec d'autres exigences sanitaires) le moins "bas" possible car chaque degré d'abaissement de cette consigne "coûte" entre 20 et 25 % de consommation d'énergie en plus. L'objectif de 25 à 26 °C semble raisonnable et devra faire l'objet d'une validation
- Il est conseillé d'apporter une attention particulière à la nature des fluides frigorigènes employés, à l'étanchéité du système et au contrat de maintenance (notamment en termes de compétence pour la récupération en fin de vie). Les fluides frigorigènes couramment employés ont un pouvoir radiatif compris entre 1300 et 2000 fois celui du CO<sub>2</sub>. Le taux de fuite annuel des équipements peut varier environ de 2 % à 15 %. Pour certains équipements individuels, aucune procédure de récupération en fin de vie n'est actuellement opérationnelle.

## **8.3- PAR RAPPORT AUX EQUIPEMENTS**

- Il est conseillé de dimensionner les systèmes thermodynamiques pour garantir un bon fonctionnement au-delà d'une température extérieure de 35 °C : vérifier les spécifications techniques notamment en termes d'efficacité énergétique au-delà de 35 °C. Orienter la prescription vers les appareils disposant d'une efficacité énergétique (EER) >3. Il n'y a pas une famille de systèmes thermodynamiques plus performante qu'une autre. Cependant il est certain que pour les systèmes centralisés la condensation à eau est plus performante que la condensation à air, mais coûte cher en fonctionnement. Une attention particulière doit être portée aux nuisances sonores liées aux équipements de climatisation, qu'il s'agisse des nuisances internes aux locaux ou des nuisances subies par le voisinage.
- Il est nécessaire de disposer d'une alimentation électrique correctement dimensionnée en cas d'achat de systèmes individuel fixe ou mobile. Généralement une prise 10/16 A avec terre est suffisante pour un système mobile, mais par forcément pour un système fixe.
- Il est impératif, dans le cas d'un climatiseur individuel mobile, de prévoir une sortie vers l'extérieur pour le tuyau de rejet de l'air chaud (appareils monoblocs) ou un orifice de passage des tuyauteries de liaison entre les unités intérieure et extérieure (appareils de type split). En tout état de cause, il est fortement déconseillé, pour faire sortir ce tuyau ou les tuyauteries, d'ouvrir une fenêtre. Ce type d'équipement mobile peut être utile pour les personnes âgées ne pouvant se déplacer mais n'est pas recommandé dans d'autres situations.

#### **8.4- PAR RAPPORT AUX POPULATIONS D'UTILISATEURS**

- Il est nécessaire de vêtir les personnes entrant dans une pièce rafraîchie afin d'éviter un choc thermique et les conséquences sanitaires qui pourraient en résulter. Les vêtements doivent être retirés au fur et à mesure que la personne s'habitue à la température de la pièce.
- Les personnes âgées vivant à leur domicile devront également faire l'objet d'une attention particulière. Des bâtiments construits et déjà équipés d'un système de climatisation (cinémas, centres commerciaux), ou rafraîchi naturellement (lieux de cultes) pourraient accueillir, quelques heures par jour, lors d'épisodes de canicule, des personnes âgées, sous conditions éventuellement d'aménagement et de confort.

#### **8.5- PAR RAPPORT A LA REGLEMENTATION**

- Une dérogation aux règles de ventilation des pièces refuges dotées d'une climatisation devrait être accordée pendant des périodes courtes, lors de situations d'urgence, afin de rafraîchir temporairement les personnes âgées et fragiles, dans le but de les prémunir d'un danger grave. Cette dérogation se justifie par le fait que les personnes ne sont susceptibles de séjourner dans ces pièces rafraîchies que durant de courtes périodes. Elle ne devrait pas conduire à une diminution du débit requis en occupation nominale.
- L'élaboration de la future réglementation thermique pourrait contenir des indications spécifiques de confort d'été lors de températures extrêmes.

#### **8.6- PAR RAPPORT AUX EFFETS SUR LA SANTE**

- Il convient d'éviter en permanence l'impact d'un écart trop important de température avec l'extérieur entraînant une sensation de froid avec le développement possible de pathologies infectieuses respiratoires, virales ou bactériennes, au besoin en couvrant les personnes avant de pénétrer dans une pièce rafraîchie.
- Il faut éviter, par une surveillance et un entretien permanent des installations, les phénomènes d'irritation de la peau et des muqueuses oculaires et respiratoires, ou plus rarement des manifestations de nature allergique, liés à l'émission de poussières, de bactéries ou de moisissures par des systèmes ou appareils mal entretenus notamment au niveau des filtres à poussière. Cette considération concerne également les dispositifs centralisés de conditionnement d'air dont les conduits sont susceptibles de contenir de grandes quantités de poussière qui constituent le nid du développement de moisissure et bactéries.
- Il faut veiller à éviter une exposition prolongée à un air trop rafraîchi et trop sec en cas d'utilisation de climatiseurs individuels sans maîtrise de l'hygrométrie, le refroidissement de l'air ayant tendance à dessécher l'atmosphère. Il convient de maintenir en permanence une

hygrométrie comprise entre 30 et 60 % afin de prévenir d'un côté le dessèchement de muqueuses et de l'autre une limitation des phénomènes d'évapotranspiration nécessaires à la régulation thermique.

- Le risque de légionellose ne concerne pas en principe les climatiseurs individuels, mais les climatisations centralisées, il est lié à une maintenance insuffisante des tours de refroidissement ou tours aéroréfrigérantes. Lorsque la reprise d'air neuf capte l'air du panache de ces tours contaminées, la contamination est susceptible d'être transportée à l'intérieur du local, comme à l'intérieur des espaces et immeubles avoisinants.

### **8.7- STRATEGIE D'EQUIPEMENT**

- Avant de considérer la mise en place d'un système de climatisation, il est impératif dans tous les cas d'envisager les dispositions constructives ou adaptatives qui permettent de diminuer les apports solaires et diminuent d'autant les besoins de refroidissement des locaux. Il convient également d'envisager toutes les possibilités d'utilisation de locaux naturellement frais et d'accès facile.

- Les stratégies d'équipement sont différentes selon que l'on envisage d'un côté un bâtiment à construire ou en cours de rénovation lourde, ou d'un autre côté un bâtiment existant. Ces stratégies diffèrent également en fonction de l'état de dépendance des personnes hébergées.

Dans tous les cas, comme il a été rappelé plus haut, le recours à un professionnel est fortement conseillé ; celui-ci pourra préciser quel est l'équipement le mieux adapté au bâtiment et à l'objectif visé, notamment en termes de surfaces des locaux à équiper. Dans le premier cas : bâtiment à construire ou en cours de rénovation lourde, il peut être utile de s'orienter vers un système de climatisation centralisé ou semi centralisé réversible. Cette option est d'autant plus à envisager que la population hébergée est dépendante ou peu mobilisable. Elle peut concerner la totalité de l'établissement ou plus fréquemment une partie de l'établissement. Dans le second cas, bâtiment existant non équipé, l'orientation préférentielle se fera vers l'équipement en climatiseurs fixes individuels d'une ou plusieurs salles selon leurs surfaces, susceptibles d'accueillir à tour de rôle les personnes valides ou susceptibles d'être mobilisées sans trop de difficulté. Pour les personnes non mobilisables, il pourra être dans certains cas, nécessaire d'envisager un équipement en climatiseurs mobiles, qu'il s'agisse de climatiseurs monoblocs ou en éléments séparés. Dans ce cas toutefois il conviendra d'envisager impérativement des passages de tuyaux d'évacuation d'air chaud ou de flexibles de fluides réfrigérants dans chacun des locaux où ces climatiseurs seraient susceptibles d'être utilisés, ce qui limite sérieusement le domaine d'utilisation de tels équipements dans ces établissements.

## ANNEXES

### ANNEXE 1- L'IMPACT ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENTAL SUR LE LONG TERME

L'ampleur du réchauffement climatique : hausse générale des températures selon le troisième rapport du GIEC<sup>36</sup> mais surtout examen des scénarii de température au cours de l'été ; ampleur de la dispersion au cours d'une journée, durée potentielle des périodes de canicule.

Le GIEC envisage une dérive climatique variant d'ici 2100 de +1,4 °C dans le cas le plus favorable à +5,8 °C dans le cas le plus défavorable. Le cas le plus favorable correspond à une réduction importante du niveau mondial des émissions de CO<sub>2</sub> et une dynamique climatique favorable. Ces températures sont des moyennes annuelles, au niveau du sol, sur l'ensemble du globe. Les évolutions des températures sur les terres émergées seront supérieures. Le long du siècle dernier les températures ont augmenté de +0,6 °C au niveau mondial et de +0,9 °C en France métropolitaine. A titre de comparaison, une augmentation de 1 °C représente une remontée des climats actuels d'environ 200 km vers le nord.

Dans tous les cas l'augmentation des températures minimales nocturnes sera plus forte que l'évolution des températures maximales. Par conséquent, le rafraîchissement nocturne devrait être moins important.

Si de nombreuses simulations ont déjà été faites par des laboratoires de recherches et sont aisément accessibles, il n'existe pas actuellement de scénario officiel détaillant l'évolution climatique de la période d'été en France. Pour les experts, il est fort vraisemblable que dans le cadre de la dérive climatique actuelle, l'été 2003 devienne l'été « moyen » vers la fin du siècle : par conséquent, sur de grandes zones géographiques le thermomètre pourrait dépasser les 40°C 7 à 12 jours de suite, et plus de la moitié du territoire pourrait subir des températures de plus de 35 °C pendant des durées de plus de 20 jours.

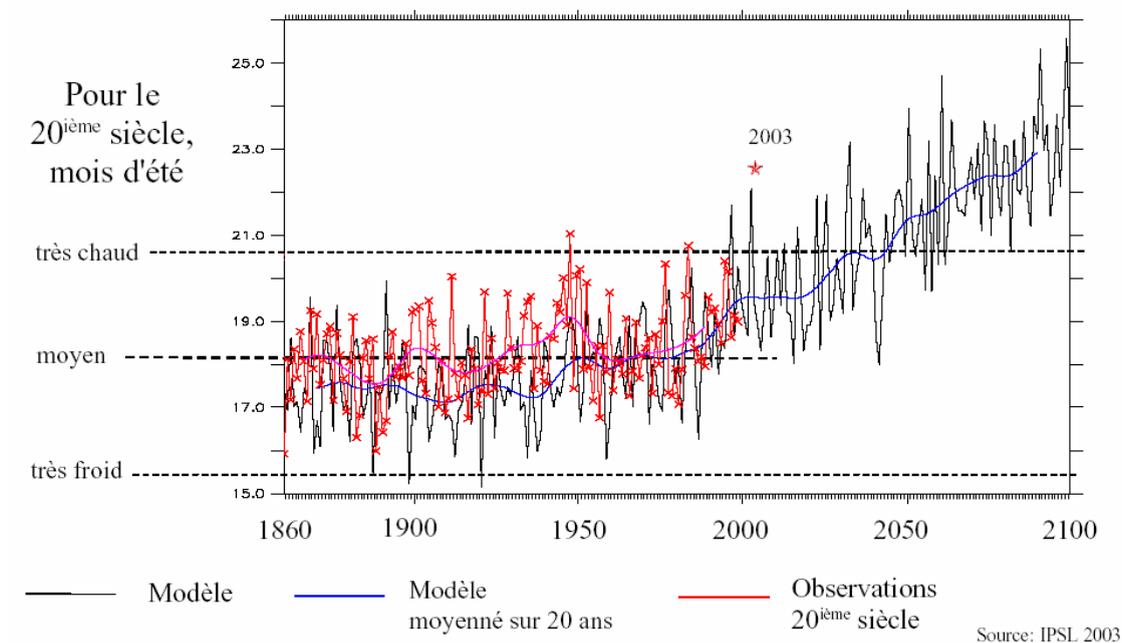
Il est donc raisonnable de considérer l'été 2003 comme un scénario qui pourra se reproduire dès les prochaines décennies pour le dimensionnement des systèmes thermodynamiques.

Devant l'ampleur des réductions des émissions à réaliser dans les pays industriels, dont la France, pour stabiliser la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère à un niveau limitant la hausse des températures à moins de 2 °C, c'est-à-dire une division par 4 environ des émissions, il est souhaitable de limiter la consommation énergétique et les fuites de gaz frigorigène à haut pouvoir radiatif.

---

<sup>36</sup> Groupement international d'experts sur le climat

## Evolution de la température moyenne en été en France de 1860 à 2100 (modèle de l'IPSL, scénario SRES A2, sans aérosols)



Actuellement, il n'existe pas d'évaluation globale de l'impact d'une diffusion massive de la climatisation sur la dépense énergétique et sur les émissions de gaz à effet de serre. On fournit quelques éléments d'appréciation au regard de ces deux types d'impact.

### 1.1- LA CONSOMMATION D'ELECTRICITE, PUISSANCE APPELEE ET EMISSIONS DE CO<sub>2</sub>

Comme on l'a vu précédemment, le secteur tertiaire représentait une surface totale de 784,5 millions de m<sup>2</sup> en 1999 et la surface climatisée représentait 19 %, soit environ 149 millions de m<sup>2</sup>. Sur la base d'une consommation de 30kWh/m<sup>2</sup>, la consommation française liée à la climatisation est de l'ordre de 4,5 TWh<sup>37</sup>.

L'impact sur les émissions de CO<sub>2</sub> de la consommation électrique dépendra de la puissance appelée. Le parc de production électrique français est spécifique. Le nucléaire assure une production en base sans carbone. Le parc des centrales thermiques ou celui de l'hydraulique fonctionne en semi pointe voire en pointe. Or les processus de production de l'électricité sont très différenciés en termes de gaz à effet de serre. Le tableau suivant indique les ordres de grandeur.

<sup>37</sup> « Chiffres clés du bâtiment », ADEME, 2002.

Tableau 8. Émissions de CO<sub>2</sub> par source électrique

	gCO <sub>2</sub> /kWh
Centrales thermiques classiques	800-1000
Centrales nucléaires	0
Eolien, hydraulique	0
Cogénération gaz	250-380
Cycle combiné gaz	400

Source : J.-P. Tabet, B. Bailly, J.-M. Bouchereau (2003), Les différentes méthodes d'évaluation du contenu carbone de l'électricité en France, contribution au Groupe de travail « Production d'énergie », ADEME.

Pour obtenir une évaluation précise en termes d'impact sur les émissions de CO<sub>2</sub>, il convient donc de tenir compte des puissances appelées.

## 1.2. LES RENDEMENTS DES EQUIPEMENTS ET DES FLUIDES FRIGORIGENES

Mesurer l'impact environnemental de la climatisation implique également de tenir compte du taux de fuite des équipements. Les taux de fuite des équipements varient par type de produit. Pour des appareils mobiles, ce taux est de 2 %, pour une climatisation individuelle il est autour de 10 % de fuites et pour les centralisées de 15 % (Source : étude ARMINES).

Cela dépend également du taux de récupération en fin de vie. Il s'agit d'une exigence due à l'écoconception des climatiseurs. Cependant les contrôles de récupération mentionnés par la réglementation des fluides frigorigènes ne sont pas aussi stricts et exhaustifs qu'ils auraient dû l'être théoriquement.

Enfin, cela dépend de la durée de vie. Les types d'installations ont des durées de vie très variables s'échelonnant de 10 ans pour les appareils mobiles, 15 ans pour les climatisations individuelles et 20 ans pour les centralisées.

Afin d'obtenir l'équivalent CO<sub>2</sub> des émissions annuelles dues aux fuites et à la non récupération des gaz fluorés il convient d'estimer le nombre de chaque type d'installation utilisant chaque fluide frigorigène. Le tableau synthétise l'ensemble des informations.

Tableau 9 : Estimations de pertes de fluides frigorigènes en équivalence CO<sub>2</sub> en termes de taux de fuite, taux de récupération et par type de fluide utilisé (Données de la MIES– Étude ARMINES)

Contenu en fluide frigorigène	g/ kW			
Volume unitaire moyen	350			
Fuite des gaz frigorigène	taux de fuite	taux de récupération fin de vie	durée de vie	taux d'émission annuelle
Mobile	2 %	0 %	10	1 2%
Individuelle	10 %	0 %	15	17 %
Centralisée	15 %	70 %	20	17 %
Cinq familles de fluides frigorigènes				
corps purs de type HFC	R134a	R32	R125	R143a
mélanges de types HFC	R404a	R407c	R410a	
mélanges à base de R22	R402a	R408a		
hydrocarbures	propane	isobutane		
molécules inorganiques	CO <sub>2</sub>	ammoniac	eau	
Pouvoir radiatif (1)	PWR			
Ammoniac	0			
CO <sub>2</sub>	1			
Hydrocarbures	20			
R134a	1300			
R407c	1530			
R410a	1730			
R404a	3260			

(1) Les fluides qui ne font actuellement l'objet d'aucune restriction pour leur utilisation sont l'ammoniac, les hydrocarbures et les HFC. Parmi eux le R134a, le R407c, le R410a et le R404a.

Le plan climatisation durable que le gouvernement annoncera au printemps 2004 a pour objectif de maîtriser l'usage de ces technologies et de sensibiliser nos concitoyens à des voies alternatives qui leur procurent un confort équivalent, afin de rester conforme avec les orientations prises dans le cadre de la Stratégie nationale du développement durable.

## ANNEXE 2- LES ACTIONS PREALABLES ET LES SOLUTIONS ALTERNATIVES A LA CLIMATISATION

Le plan climatisation du Ministère de l'écologie et du développement durable, élaboré dans une démarche ouverte et participative associant différents acteurs (ministères concernés, ADEME, CSTB, AFNOR, MIES, experts, fabricants et distributeurs de systèmes d'aération, utilisateurs, architectes, etc.) rappelle notamment les mesures et les recommandations de mise en œuvre en matière de climatisation et identifie les actions de l'État, que cela soit en matière de réglementation thermique, de systèmes de certification existants, de labellisation des équipements.

Le plan fait état également des actions menées dans d'autres pays en matière de technologies performantes, de mesures réglementaires, de mesures volontaires. En matière technologique, le plan expose les solutions bioclimatiques et la démarche HQE permettant de réduire les besoins énergétiques des bâtiments neufs ou réhabilités (limitation des apports solaires, des apports internes et notamment de l'éclairage artificiel, mobilisation de l'inertie,...). Notamment dans le cadre de la lutte contre le gaspillage, diverses pistes d'évolution sont explorées : solutions passives de rafraîchissement, ventilation naturelle, limitation de la température minimale, ventilateurs de plafond, sas et portes télécommandées, brumisation, etc. Des campagnes d'essais (climatiseurs mobiles, ventilateurs...) avec les associations de consommateurs seront définies. Des actions de communication, d'information, de sensibilisation, seront menées vers le grand public et vers les professionnels, les fabricants, les distributeurs dans l'objectif de faire évoluer les comportements.

Cette partie fournit quelques voies alternatives pour procurer aux personnes un confort équivalent. Une première voie consiste à jouer sur le rayonnement, une seconde sur la conception des bâtiments.

## **2.1- JOUER SUR LE RAYONNEMENT**

Le corps ressent une sensation de confort lorsque la température intérieure est inférieure d'au moins trois degrés à celle de l'extérieur.

Le confort thermique définit des plages de température, de vitesse d'écoulement d'air et des niveaux d'humidité dans lesquels les habitants ne ressentent pas d'inconfort. Plusieurs systèmes existent et peuvent être combinés pour obtenir un meilleur résultat. Si les objectifs de diminution de la température ne sont pas atteints, ils peuvent être associés à une climatisation dimensionnée de manière à les atteindre, système dans tous les cas moins énergétivore. La difficulté réside dans la capacité à quantifier les résultats des pratiques bioclimatiques pour dimensionner correctement un système de ventilation, de brasseur d'air ou de climatisation.

### **2.1.1- Les protections solaires (fixes et mobiles)**

L'énergie solaire pénètre dans les locaux au travers des vitres non protégées, sous diverses formes, la principale étant le rayonnement.

En été, certains films empêchent la pénétration des rayons solaires indésirables, tout en améliorant la diffusion et la qualité de l'éclairage intérieur en répartissant la lumière de façon uniforme et réduisant l'éblouissement. Cependant, ils réduisent la luminosité constamment ce qui n'est pas souhaitable pendant la majorité de l'année sous nos latitudes. En hiver, en revanche, le film retient la chaleur à l'intérieur du bâtiment.

Protection solaire et isolation des vitrages par films réfléchissants, contre la chaleur et l'excès de luminosité, offrent en général un minimum de réduction d'éclat de 50 %. Les infrarouges sont renvoyés à plus de 80 %.

### **2.1.2- Les puits provençaux**

Des puits provençaux conduisent l'air extérieur sec qui se rafraîchit au contact du sol vers des bâtiments ainsi ventilés. La température du sol étant constante à 15 °C quelle que soit la saison, l'air est rafraîchi pendant l'été est réchauffé pendant l'hiver. Un chauffage réversible d'appoint est éventuellement à envisager. Cette solution n'est pas facilement praticable en centre ville et demande une mise en œuvre soignée.

### **2.1.3- Le rafraîchissement passif**

Il s'agit de concepts architecturaux prenant en compte l'environnement du bâtiment, son orientation par rapport au soleil et aux vents généraux. Ces principes fonctionnent particulièrement bien lorsque la différence de températures jour / nuit est importante. Ces principes bioclimatiques sont utilisés notamment dans le cadre de la norme HQE<sup>38</sup>.

### **2.1.4- Poutres, planchers et plafonds rafraîchissants**

Si les planchers chauffants assurent le chauffage l'hiver, ils peuvent très bien rafraîchir l'atmosphère d'un local durant l'été. Il suffit pour cela que le tube soit parcouru par de l'eau froide ; on parle alors de plancher réversible.

Il existe toutefois dans ce cas, une limitation physique qui tient à la température de condensation de l'eau contenue dans l'atmosphère à rafraîchir, puisqu'il n'y a pas ici de fonction de déshumidification. Par exemple, si l'air ambiant contient 90 % d'humidité relative, la condensation apparaîtra à une température de 14 °C. On peut alors prévenir ce genre de problème en installant un système de régulation assujettissant la température de l'eau du circuit au degré hygrométrique de l'air, afin de ne jamais parvenir à la température de condensation de l'eau, contenue dans l'air ambiant.

Par ailleurs, le même principe peut être appliqué pour créer des poutres et des plafonds rafraîchissants. Il est cependant plus difficile techniquement et économiquement à mettre en œuvre.

### **2.1.5- Les brasseurs d'air**

Certains locaux conçus pour optimiser la ventilation naturelle exigent des systèmes auxiliaires de ventilation mécanique. Les brasseurs d'air compensent l'insuffisance de ventilation naturelle lorsque les vents dominants tombent ou changent de direction. Ces ventilateurs sont, pour la plupart, peu énergétivores et leurs effets sur le bien être de l'individu s'avèrent plus psychologiques que réel.

---

<sup>38</sup> « Etude et développement de systèmes passifs de climatisation » de F. ALLARD, M. BELARBI, M. BLONDEAU et M. SPERANDIO.

### ➤ Ventilateurs sur pieds

Ils offrent une liberté d'utilisation et sont facilement déplaçables. Leurs orientations sont diverses et leur puissance réglable. Leur flux très localisé peut constituer une source d'inconfort. Ils deviennent peu efficaces au-delà de 4 mètres.

### ➤ Ventilateurs plafonniers

Les ventilateurs plafonniers assurent une meilleure répartition des écoulements au sein de l'espace habité. Ils sont également moins bruyants. Les écoulements horizontaux étant plus confortables, on gagne à ne pas placer les plafonniers juste au dessus des zones les plus occupées.

En climat humide, les brasseurs d'air plafonniers sont efficaces pour accélérer le brassage d'air à l'intérieur de l'habitat lorsque la ventilation naturelle est insuffisante. Ils peuvent suffire à entretenir une circulation à peu de frais. Les pièces principales où les occupants séjournent le plus fréquemment doivent en être pourvues. Les brasseurs d'air à pales métalliques sont plus efficaces que ceux à pales en bois ou en osier cannelé. Plus les pales sont grandes (diamètre supérieur à 1.20m), plus les brasseurs sont efficaces.

Outre la hauteur sous plafond, un ventilateur plafonnier nécessite une accroche solide ancrée à des positions choisies sur les plafonds, une alimentation électrique et un interrupteur mural spécifique, ainsi qu'un accès pratique vers les commandes par variateur.

#### **2.1.6- La ventilation naturelle**

La ventilation naturelle est provoquée par une différence de température ou de pression entre les façades d'un bâtiment. Elle permet d'évacuer des locaux les apports de chaleur interne et les apports solaires tant que la température extérieure reste inférieure à la température intérieure.

Il convient donc de :

- évaluer le potentiel de ventilation en fonction du site.
- exposer les façades aux vents dominants des mois les plus chauds.
- éloigner le bâti des obstacles à l'écoulement du vent.
- protéger l'abord et l'enveloppe du bâti des rayonnements solaires.
- dimensionner les ouvertures et les dispositifs qui favorisent les écoulements d'air dans les espaces intérieurs.
- anticiper l'aménagement intérieur afin que les circulations d'air soient canalisées avec un minimum de frottements.
- profiter du rafraîchissement nocturne par l'inertie des matériaux.

## **2.2- LA CONCEPTION DES BATIMENTS**

### **2.2.1- L'expérience allemande**

La ville d'Hanovre a développé une politique de réduction des consommations énergétiques à grande échelle.

Les principes de l'architecture bioclimatique sont utilisés pour la conception de zones industrielles et de quartiers résidentiels. Une pile à combustible fournit une grande partie de l'électricité de cette ville. Un programme de végétalisation des toitures est en cours d'élaboration ainsi qu'une demande de justification pour toute installation d'un système de climatisation.

Il est maintenant obligatoire d'obtenir un Energypass pour toute transaction de vente ou de location, justifiant une consommation énergétique du bâtiment et devenant un argument commercial.

### **2.2.2- La démarche HQE**

La Haute Qualité Environnementale, dite HQE, n'est pas un label mais une démarche écologique qui vise à améliorer le confort intérieur des habitants tout en préservant la planète. La démarche HQE est générale, elle concerne aussi bien la phase de construction que celle d'exploitation d'un bâtiment.

#### ⇒ La phase de construction du bâtiment

Durant l'étape de construction, la démarche HQE va avoir pour objectifs :

- de créer une relation harmonieuse entre le bâtiment et son environnement immédiat ;
- de veiller au choix des matériaux et aux procédés de construction (favoriser des produits incorporant peu d'énergie et de solvant ...) ;
- de produire un chantier à faibles nuisances (limiter la production de déchets, éviter l'emploi de matériels de chantiers bruyants, optimiser le trafic généré par le chantier, installer une aire de lavage des camions en sortie de chantier...).

#### ⇒ La phase d'exploitation du bâtiment

La démarche HQE vise à produire un bâtiment confortable :

- confort acoustique
- confort visuel
- confort olfactif

Et vise à produire un bâtiment économique et écologique :

- gestion de l'énergie (renforcer l'isolation de l'enveloppe, utiliser l'énergie solaire passive, exploiter les énergies renouvelables locales...) ;
- gestion de l'eau (recycler les eaux de pluie pour les WC, l'entretien et l'arrosage, éviter les surpressions...) ;
- gestion des déchets d'activité (faciliter le tri des déchets) ;
- gestion de l'entretien et de la maintenance (ergonomie de l'habitat, utilisation de matériaux facile d'entretien...).

La démarche HQE a un coût. L'investissement de départ est un peu plus élevé qu'une construction "normale" mais le coût d'un projet HQE doit être mesuré à moyen terme, c'est-à-dire en prenant en compte l'investissement initial mais également les réductions de frais d'entretien, les économies d'énergies et d'eau.

## ➤ Les 14 cibles de la démarche HQE

Pour qu'une construction se fasse sous la norme HQE, il est nécessaire que le maître d'ouvrage réponde à trois cibles de manière très satisfaisante, et cinq cibles de manière satisfaisante.

Or, la cible 8 est la seule à intégrer le confort thermique parmi ses exigences. Cependant, le plan climatisation peut également trouver des points d'appuis dans la cible 4 (Gestion de l'énergie), la cible 7 (Entretien et maintenance), la cible 12 (Conditions sanitaires), et dans la cible 13 (Qualité de l'air).

### **Eco construction**

Cible 1	Relation harmonieuse du bâtiment avec son environnement immédiat.
Cible 2	Choix intégré des procédés et produits de construction.
Cible 3	Chantier à faible nuisance.

### **Eco gestion**

Cible 4	Gestion de l'énergie. (renforcement du recours aux énergies renouvelables, de l'efficacité des équipements énergétiques, et de l'efficacité énergétique des projets).
Cible 5	Gestion de l'eau.
Cible 6	Gestion des déchets d'activités.
Cible 7	Entretien et maintenance (optimisation des procédés de gestion technique et de maintenance).

### **Confort**

Cible 8	Confort hygrométrique (assurer le confort d'été).
Cible 9	Confort acoustique.
Cible 10	Confort visuel.
Cible 11	Confort olfactif.

### **Santé**

Cible 12	Conditions sanitaires (hygiène, facilitant les soins de santé, dispositions en faveur des personnes à capacités physiques réduites).
Cible 13	Qualité de l'air (gestion des risques de pollution par les équipements, notamment lors de l'entretien et maintenance, ventilation garantissant la qualité de l'air).
Cible 14	Qualité de l'eau.

## ➤ Rénovation lourde

Avant de chercher à réduire la consommation énergétique en optimisant l'enveloppe, la maîtrise d'ouvrage et le maître d'œuvre peuvent réduire les besoins en énergie de la construction par :

- l'implantation et l'orientation des bâtiments ;
- le dimensionnement et l'emplacement des baies vitrées ;
- la volumétrie et la profondeur de locaux ;
- la composition des parois et du plancher (inertie thermique).

Par ailleurs le concepteur doit chercher à récupérer les apports solaires en hiver tout en évitant une exposition trop importante au soleil direct en été afin d'éviter les surchauffes. Le confort thermique doit être particulièrement pris en compte dans les bâtiments tertiaires au sein desquels les apports de chaleur internes sont souvent importants.

Plus particulièrement, cela concerne la ventilation, la climatisation, et le rafraîchissement :

Renouveler l'air ambiant est indispensable pour des raisons d'hygiène, de confort et de pérennité du bâti. Le renouvellement de l'air neuf est cependant consommateur d'énergie. Il est important de trouver un compromis entre la nécessité de renouveler l'air et celle de maîtriser la consommation d'énergie, en respectant dans tous les cas des débits minimaux hygiéniques.

Des systèmes de ventilation mécanique contrôlée (VMC) permettent d'ajuster le renouvellement d'air aux besoins réels : VMC hygro-réglable, VMC asservie au taux de CO<sub>2</sub> ou à un détecteur de présence.

Une ventilation double flux avec récupérateur de chaleur utilise les calories de l'air extrait et devient par conséquent très économe. Il est également possible d'augmenter la capacité d'extraction d'une ventilation naturelle en utilisant le tirage thermique d'une cheminée.

Les bâtiments du tertiaire sont de plus en plus souvent climatisés. Les consommations induites peuvent être limitées par des précautions prises en amont (orientation, protections solaires,...), mais aussi grâce à des climatiseurs performants (pompes à chaleur, machine à absorption).

Pour certaines activités, une climatisation est réellement nécessaire, mais dans d'autres cas, un système de rafraîchissement, qui demande moins de puissance réfrigérante, est souvent suffisant. Ces systèmes permettent d'abaisser la température ambiante de quelques degrés par rapport à la température extérieure au moyen, soit d'un plafond ou d'un plancher rafraîchissant, soit d'une ventilation double flux.