



Confort d'été et climat

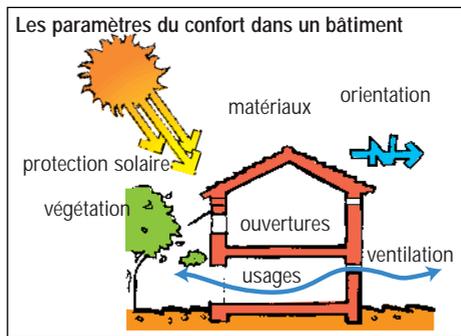
LES ENJEUX

L'adaptation de l'architecture à chaque climat apporte des réponses qui procurent un meilleur confort thermique. En climat méditerranéen, très chaud et ensoleillé en été, une bonne conception est d'autant plus importante. Mais le confort d'été suppose aussi une bonne gestion et utilisation des équipements du bâtiment (protections solaires, ventilation...).

Les paramètres de confort thermique dans le bâtiment sont :

- la température de l'air,
- la température des parois,
- les échanges radiatifs du corps avec les parois (chaudes ou froides),
- le rayonnement solaire sur l'occupant,
- la vitesse de l'air contre la peau,
- la tenue vestimentaire,
- l'activité exercée,
- l'âge et l'état de santé,
- les habitudes culturelles.

L'architecture doit bien sûr aussi prendre en compte les besoins d'un bon confort d'hiver apporté par un chauffage économique.



FICHE A. CONFORT D'ÉTÉ ET CLIMAT

B. CONFORT D'ÉTÉ ET RÉGLEMENTATION

1. ORIENTATION / IMPLANTATION
2. TRAITEMENT DES ESPACES EXTÉRIEURS
3. PROTECTION SOLAIRE / ISOLATION
4. INERTIE THERMIQUE
5. VENTILATION / RAFRAÎCHISSEMENT
6. ÉCLAIRAGE NATUREL / ARTIFICIEL



L'inconfort d'été provient le plus souvent :

- soit d'une conception inadaptée :
 - mauvaise isolation
 - excès de vitrages
 - protections solaires insuffisantes
- soit d'une mauvaise gestion du bâtiment :
 - protection solaire non utilisée
 - ouverture des fenêtres en journée

LE CONFORT THERMIQUE

Pour entretenir ses fonctions vitales (M = métabolisme) et mener ses activités, le corps consomme de l'énergie et produit de la chaleur qu'il doit évacuer. Cet échange est d'autant plus difficile qu'il fait chaud et humide.

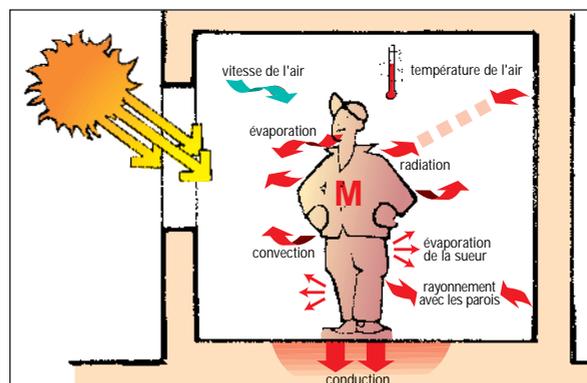
Le corps améliore alors ses échanges avec l'environnement (dilatation des vaisseaux sanguins ; évaporation de la sueur qui rafraîchit la peau).

Le corps échange de la chaleur avec son environnement par quatre moyens :

- le rayonnement,
- la convection,
- l'évaporation,
- la conduction.

En fait, l'impact de la conduction sur le confort thermique est très faible, même si le contact d'un carrelage frais peut apporter une sensation agréable en été, ou à l'inverse, le sable d'une plage une sensation de brûlure. Deux autres paramètres ont un impact sur le confort thermique :

- l'éclairage par les apports de chaleur qu'il représente,
- l'exposition au bruit qui limite les possibilités de ventilation.



Les échanges par convection sont réduits par les vêtements et augmentent avec la vitesse de l'air, d'où la recherche de courant d'air et le port de tenue légère en été.

Avec une humidité de 50%, un courant d'air de 0,5m/s donne sur la peau nue, une sensation d'abaissement de la température de l'air de 3,5°C.



Produit par **ARENE**

Agence Régionale de l'Énergie
Provence-Alpes-Côte d'Azur
CMCI - 2 rue Henri Barbusse 13241 Marseille
Cedex 1
Tel: 33 4 91 91 53 00 - Fax: 33 4 91 91 94 36
Web : <http://www.arena.fr>

Coordination
Dominique RAULIN
ARENE

Rédaction
Denis JACOB - SOL.A.I.R.
Aix-en-Provence (13)
Thierry CABIROL - Ingénieur
Aix-en-Provence (13)
Olivier RIGAL - Architecte
Marseille (13)
Gérard SAUREL - Habitat et Société
Les Arcs (83)

• DONNÉES CLIMATIQUES EN PROVENCE - ALPES - CÔTE D'AZUR

• L'ensoleillement

Exceptionnel, il est généralement compris entre 2500 et 2900 heures par an selon la zone géographique.

• Les températures

Elevées en été, elles connaissent d'importants écarts entre le jour et la nuit ; la ventilation nocturne permet d'exploiter la fraîcheur de la nuit pendant la journée suivante.

• L'humidité

Sauf sur la bande littorale, l'air est globalement chaud et sec en été pour l'ensemble de la région.

• Les vents dominants :

- Des terres vers la mer (mistral, tramontane) ils soufflent souvent en rafales puissantes dont il faut se protéger ; froids en hiver et

frais en été, ils dégagent le ciel et renforcent l'ensoleillement.

- De la mer vers les terres, ils sont souvent chargés de pluie et adoucissent la température.

• Les micro-climats :

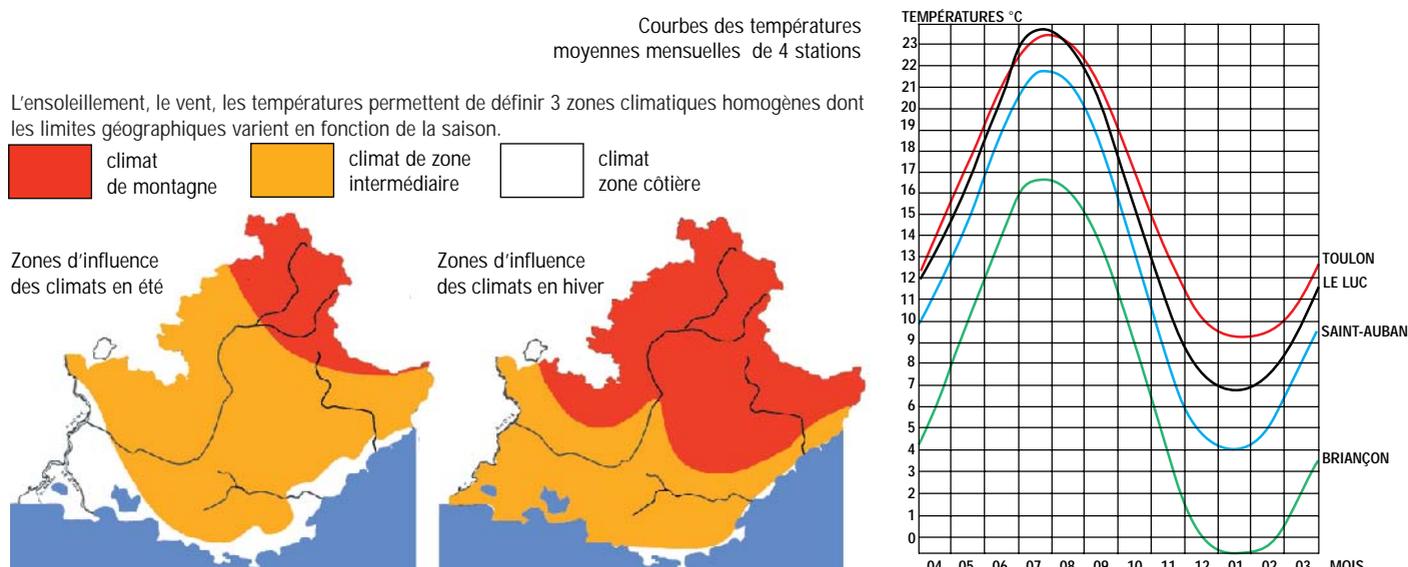
Propres à chaque lieu, ils modifient parfois ces caractères climatiques généraux : renforcement des vents dans la vallée du Rhône, brise de mer à Nice, clémence des températures à mi-pentes des coteaux Sud qui favorisent la vigne et l'olivier, adret et ubac en montagne, etc ...

L'architecte et le thermicien ont à prendre en compte ces facteurs pour concevoir des bâtiments adaptés à chaque lieu.

NOTA : les températures données par la Météorologie Nationale sont des valeurs "objectives", mesurées dans un "abri météo" (coffret blanc, persienné, à 1,5 m du sol). Elles n'ont rien à voir avec la lecture d'un thermomètre placé au soleil, et qui ne représente pas du tout la température de l'air.

STATION	ALTITUDE	PLAGE DES TEMPÉRATURES JUILLET	AMPLITUDE MOYENNE	COMMENTAIRES
zone de montagne Hautes-Alpes • Nord des Alpes de Haute Provence • Nord des Alpes-Maritimes				
ST AUBAN	459 m		14,1	- peu peuplée
EMBRUN	871 m		13,8	- reliefs souvent > 800m
BRIANCON	1 324 m		14,0	- fortes chaleurs rares
zone intérieure				
A - (altitude inférieure à 600m) Bouches-du-Rhône • Sud des Alpes-Maritimes • Var • Ouest du Vaucluse				
B - (altitude supérieure à 600m) Alpes de Haute Provence sauf vallée de la Durance • Est du Vaucluse				
• Centre des Alpes-Maritimes				
ORANGE	53 m		12,6	A<600 m - densité de population moyenne
CARPENTRAS	99 m		14,5	- fortes amplitudes de température
LE LUC	95 m		14,8	- vents et ensoleillement forts
AIX EN PROVENCE	184 m		14,3	B>600 m - comme "A", plus frais
zone maritime et frange côtière • débouché de vallée Argens - Var - Rhône				
NICE	5 m		7,6	- très peuplée
TOULON	28 m		9,5	- températures clémentes
ST RAPHAEL	2 m		10,9	- humidité forte
MARIGNANE	4 m		11,1	- ensoleillement fort
MARSEILLE	0		11,6	

Nota : par comparaison à l'amplitude moyenne constatée pour la température extérieure, on remarque que le corps ne s'adapte de lui-même qu'à des écarts de température très réduits ; un bon confort n'est généralement ressenti qu'entre 22 et 28°C en été dans les bâtiments.



BILAN THERMIQUE D'ÉTÉ

Les paramètres influant sur l'ambiance intérieure du bâtiment en été sont :

• Apports solaires	- directs par les vitrages - indirects par la toiture - indirects par les murs	C'est nettement le facteur majeur "Poste fort" des surchauffes pour les toitures insuffisamment isolées, ou avec les combles non ventilés. Très sensible pour les murs Est et Ouest quand ils sont mal isolés.
• Température extérieure	- chaude à très chaude le jour - fraîche la nuit	Surtout ressentie par l'aération qui fait pénétrer l'air extérieur.
• Apports internes	- occupants - éclairage - appareils électroménagers - bureautique	Dépendent beaucoup du comportement des occupants

L'influence relative de ces facteurs dépend du climat, bien sûr, mais aussi

- de l'orientation des vitrages	fiche 1
- de l'environnement proche	fiche 2
- de l'efficacité des protections solaires	fiche 3
- de l'isolation du bâtiment	fiche 3
- de l'inertie du bâtiment (c'est-à-dire de l'aptitude du bâtiment à stabiliser la température intérieure)	fiche 4
- de l'aération et de la ventilation	fiche 5
- de l'éclairage	fiche 6



Ajoutons enfin le critère acoustique et les risques d'effraction qui peuvent empêcher d'ouvrir les fenêtres, la nuit en particulier. Il faudra alors faire appel à des dispositifs de ventilation mécanique.

De même, les équipements de ventilation et de climatisation seront choisis avec soin et correctement installés pour n'être pas bruyants.

La recherche du confort thermique consiste à obtenir une ambiance intérieure relativement stable malgré des variations extérieures souvent importantes.

* **En climat de montagne**, les risques d'inconfort sont faibles car les températures sont peu élevées dans l'ensemble. Dans les bâtiments courants, une gestion simple des protections solaires et la pratique de la ventilation nocturne suffisent presque toujours pour s'en prémunir.

* **En climat littoral**, où l'humidité est un facteur aggravant du stress thermique, les risques d'inconfort sont plus importants mais il n'est, en général, pas trop difficile de s'en préserver. Protections solaires efficaces et ventilation permanente sont alors les outils majeurs du confort.

* **En climat intérieur**, c'est la zone géographique où les contraintes climatiques sont les plus fortes ; un seul facteur climatique insuffisamment pris en compte suffit alors à détériorer l'ambiance intérieure. Ce sont donc tous les aspects qu'il faut traiter simultanément.

Il convient à la fois de :

- limiter les apports solaires (protections solaires fixes et/ou mobiles)
- limiter les apports thermiques externes (pas de ventilation diurne)
- limiter les apports thermiques internes, notamment ceux de l'éclairage
- favoriser le stockage des pointes de chaleur (rôle de l'inertie thermique)
- favoriser l'évacuation nocturne de la chaleur par l'aération ou la ventilation nocturne

Ainsi, dans un bâtiment bien conçu, à forte inertie, bien isolé et équipé de protections solaires efficaces, l'occupant qui saura gérer les protections solaires et une ventilation judicieuse, obtiendra des conditions de confort satisfaisantes même par forte chaleur.

INTERACTION DES PARAMÈTRES THERMIQUES

ISOLATION - INERTIE THERMIQUE

L'inertie dépend de la position de l'isolant : l'isolant extérieur valorise l'inertie



l'isolation intérieure et certains revêtements de sol et murs (moquette épaisse, tapis, doublage bois ...) neutralisent l'inertie des parois.



VITRAGE - PROTECTION SOLAIRE

ETE La protection solaire (volet, persiennes, store, végétation) arrête le soleil et filtre la lumière .

Ces protections devront permettre d'assurer la ventilation nocturne.

HIVER Un vitrage ensoleillé réchauffe la pièce.

La nuit le volet fermé évitera la fuite de chaleur.

FERMETURE - VENTILATION

Les protections solaires, occultations, dispositifs anti-intrusion, doivent être perméables à l'air : ils comporteront au moins 30% d'ouverture, ou bien pourront être maintenus entrouverts de façon à permettre la ventilation des locaux.

Exemples de réalisation : volet à projection, volet persienné.

PROTECTION SOLAIRE - ÉCLAIRAGE

Un objectif toutes saisons : favoriser l'éclairage naturel

(L'éclairage artificiel dépense de l'énergie et dégage de la chaleur)

ETE La luminosité est plus forte ; les protections sont partiellement fermées ou baissées pour assurer un éclairage suffisant des locaux.

HIVER Les ouvertures vitrées doivent être suffisantes pour éclairer le maximum d'espace utile.

VITRAGE - INERTIE

L'inertie permet de stocker et déphaser la chaleur solaire captée.

ETE L'isolation et les protections solaires limitent la quantité de chaleur qui pénètre.

L'inertie réduit les variations de température qui en résultent.

HIVER En l'absence d'inertie, le soleil échauffe instantanément l'air, et surchauffe momentanément la pièce.

ISOLATION - INERTIE THERMIQUE

La ventilation, naturelle (ouverture de fenêtre, conduit shunt) ou mécanique (VMC) fait pénétrer l'air dans le logement.

ETE Le jour, l'air extérieur pénètre et réchauffe la maison ; la ventilation doit être réduite à son minimum ; l'inertie peut alors limiter les pointes de chaleur.

La nuit, l'air extérieur, en circulant dans la maison la rafraîchit ; la ventilation doit alors être renforcée ; les parois peuvent alors "stocker" cette fraîcheur pour la "rétrocéder" le jour suivant.

HIVER La ventilation assure uniquement le renouvellement de l'air hygiénique.

TEMPÉRATURE - HUMIDITÉ

Plus l'air est humide et plus la chaleur est étouffante ; plus l'air est sec et plus on supporte des températures élevées.

Une température de 30°C est facilement supportable avec 40% d'humidité relative mais devient irrespirable avec 95% d'humidité relative.

Par forte chaleur et en climat sec, faire évaporer de l'eau apporte une fraîcheur agréable (fontaines, arrosage du sol, humidificateurs).

INFLUENCE SAISONNIÈRE DES PRINCIPAUX PARAMÈTRES

On note plusieurs inversions d'effet entre l'été et l'hiver, ainsi par exemple : l'importance de la ventilation nocturne en été seulement, le rôle secondaire de l'isolation des murs en été, l'influence négative des protections solaires en hiver, etc.

Impact des dispositifs selon les saisons		HIVER	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
ISOLATION	toiture	+++	++	+++	+
	mur	+++	++	+	+
PROTECTION SOLAIRE			+	+++	++
INERTIE		++	+	+++	++
VENTILATION	diurne	-	+	-	
	nocturne (>1 vol/h)	--	-	+++	

-- effet très négatif +++ effet très positif

QUANTIFICATION DES EFFETS DES DIFFÉRENTES ACTIONS SUR LA TEMPÉRATURE

INTERVENTION	RÉDUCTION DE LA TEMPÉRATURE MAXIMALE	
	CONTINENTAL	MARITIME
Plantations d'arbres	4°C	3°C
Humidification	4°C	2°C
Protection solaire des baies	5°C	4°C
Ventilation diurne	/	1°C
Ventilation nocturne	5°C	1°C
Ventilation permanente	1°C	2°C

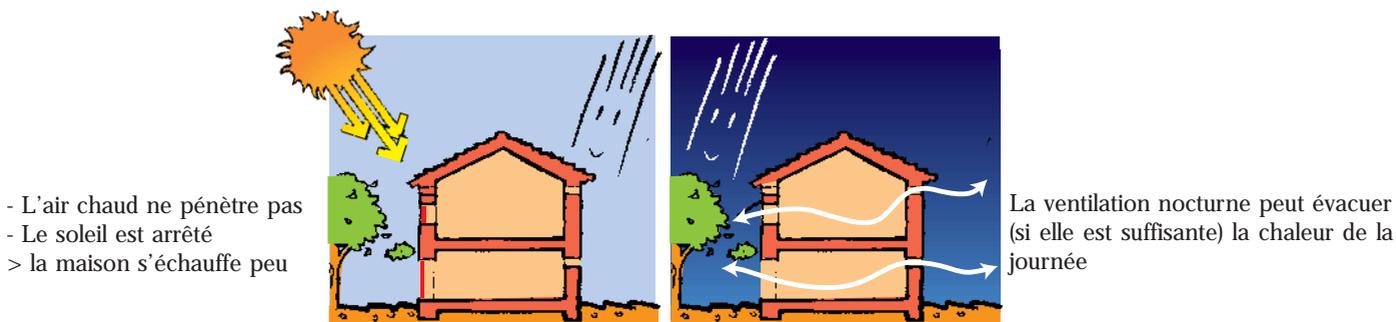
Source : GIVONI

Ces résultats sont transposables pour l'habitat.

- Conception thermique de l'habitat - Guide pour la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur - SOL.A.I.R - EDISUD, 1988
- "La climatisation dans les bureaux en Provence-Alpes-Côte d'Azur - ARENE, 1998
- Guide d'aide à la rénovation bioclimatique" - B. Colard, A. Nihoul, A. DE Herde, N. Lesens - Architecture et Climat (1996)
- "Techniques et Développement" du GRET
- "Architecture bioclimatique en Tunisie : tradition et modernité" - in Systèmes Solaires n°100 (1994)



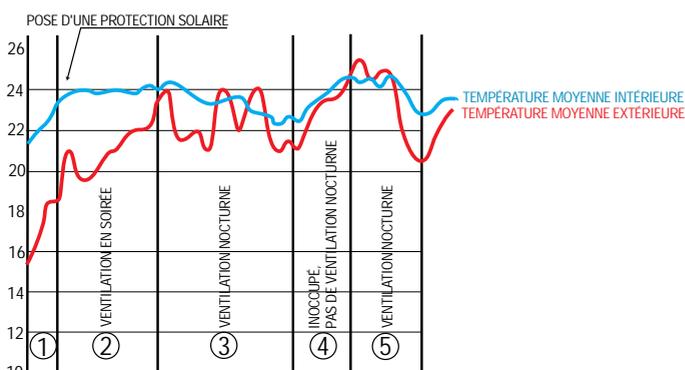
LE BON PILOTAGE EST ESSENTIEL



L'utilisation du bâtiment doit se faire soit manuellement, soit de façon automatique, en tenant compte des conditions climatiques extérieures : ensoleillement, température, etc...

EXEMPLE DE L'INFLUENCE DE L'OCCUPANT SUR LE CLIMAT INTÉRIEUR EN ÉTÉ

Le graphique ci-dessous illustre différentes situations climatiques estivales et les réactions de l'occupant pour contrôler le confort intérieur. Il n'est pas théorique mais résulte d'une campagne de mesures.



Températures moyennes journalières intérieures et extérieures d'été : bâtiment à forte inertie (période du 10 juin au 22 juillet 1994)

La période considérée se décompose en 5 séquences :

séquence 1 : l'été arrive très soudainement.

> l'occupant en retard de confort "laisse faire" et la température intérieure atteint un niveau normal pour un mois de juin (22°C environ).

séquence 2 : la température extérieure continue à croître, la température intérieure atteint 24°C.

> intervention décisive de l'occupant pour stopper nette la montée de cette température. Mise en place d'une protection solaire des baies vitrées et rafraîchissement de l'air en début de soirée. Résultat : une température intérieure stabilisée à 24°C. À partir de cette séquence portes et fenêtres sont maintenues closes pendant la journée.

séquence 3 : la température extérieure se stabilise entre 21° et 24°C

> l'occupant, après une petite pointe de chaleur (23 et 24 juin) doit pratiquer une ventilation nocturne.

Ses effets sont sensibles : la température moyenne journalière intérieure peut être inférieure à celle de l'extérieur et cela sans climatiser !

séquence 4 : arrivée d'une pointe de chaleur et local inoccupé
> la température intérieure s'élève, mais avec une pente moins forte, atteignant 24,6° au retour de l'occupant.

séquence 5 : pointe de chaleur extérieure (autour du 13 juillet)
> en pratiquant la ventilation nocturne, l'occupant maintient pendant la pointe de chaleur la température moyenne intérieure inférieure à 25°C.

Si la pointe de chaleur avait augmenté, l'occupant aurait pu recourir à un moyen complémentaire : la ventilation mécanique (voir fiche 5).

Conclusion : on retiendra de l'exemple ci-dessus qu'il est possible de maintenir la température moyenne intérieure très proche de la température moyenne extérieure dans un logement à forte inertie et protégé du soleil, c'est-à-dire dans des marges de confort très acceptable en tout point de la région.

LE CONFORT D'ÉTÉ DANS LA RÉNOVATION

1 - Les bâtiments très anciens aux murs très épais (50 cm ou plus) sont généralement frais. Souvent difficiles à chauffer en hiver, ils sont presque tous agréables en été. Les techniques de chauffage adaptées y sont très spécifiques et on évitera autant que possible de recourir à la pose d'isolations intérieures qui altèrent l'esthétique originelle et suppriment la grande inertie thermique.

Pour l'été, les consignes majeures sont de ne pas ventiler le jour et, éventuellement, de ventiler la nuit pour les bâtiments avec charges internes importantes.

2 - Les bâtiments du XX^{ème} siècle, jusque dans les années 60, sont

construits en murs non isolés. Moins les murs sont épais et plus l'inconfort est marqué, autant en hiver qu'en été.

S'il est toujours essentiel de bien isoler les toitures, le traitement des murs est à étudier selon l'épaisseur, l'exposition aux vents et les possibilités d'adaptation architecturales.

L'ajout d'espaces tampons - garage au Nord, vérandas au Sud, ... apporte souvent des solutions élégantes, mais attention aux vérandas mal conçues ou mal utilisées : le remède peut être pire que le mal.

Dans tous les cas, on privilégiera pour l'été des protections extérieures permettant la ventilation nocturne (protections végétales, persiennes, etc).

LE CONFORT D'ÉTÉ DANS LES BUREAUX

Les bureaux sont surtout occupés de jour, c'est-à-dire quand les apports climatiques sont les plus forts. Les apports thermiques externes (grands vitrages) et internes (bureautique et occupation plus dense que dans l'habitat) justifient souvent la climatisation.

Il convient en été de :

- Limiter les charges thermiques, favoriser l'éclairage naturel mais

sans excès, et utiliser les protections solaires contre l'ensoleillement direct

- Ne pas ouvrir les fenêtres
 - . pendant les heures chaudes, dans les bâtiments non climatisés
 - . quand la climatisation fonctionne
- Pratiquer la surventilation nocturne quand elle est possible.

LE CONFORT D'ÉTÉ DANS LES CLASSES

• Les salles de classe, généralement non utilisées en été, ne sont pas climatisées (sauf exception). Elles ont toutefois de fortes charges internes apportées par les occupants et les renouvellements d'air qu'ils nécessitent. Les larges surfaces vitrées des classes sont sources d'apports thermiques importants.

Dès lors on préférera concevoir des bâtiments à forte inertie observant avec soin les consignes qui lui sont associées :

- réductions des apports thermiques externes : ne pas ouvrir les fenêtres aux heures chaudes,
- utilisation de protections solaires en laissant juste la lumière nécessaire à un éclairage naturel,

- limitation de la ventilation mécanique (V.M.C.) aux seuls besoins
- ventilation nocturne (prévoir des ouvrants "anti-effraction"),
- orientation des classes au sud de préférence.

• On pourra chercher également à bénéficier de l'effet favorable des grandes hauteurs ; donc à augmenter autant que possible les hauteurs sous plafond ; par exemple en mettant en oeuvre des plafonds perméables à l'air. Toutefois en hiver, les bureaux de grande hauteur pénalise le bilan thermique.

L'amélioration du confort provient de la stratification de l'air qui éloigne l'air chaud de la tête des occupants. Elle pourra aussi être apportée par brassage mécanique de l'air.

Nota : l'air neuf de ventilation sera pris de préférence sur la façade Nord du bâtiment.