



Confort d'été et climat

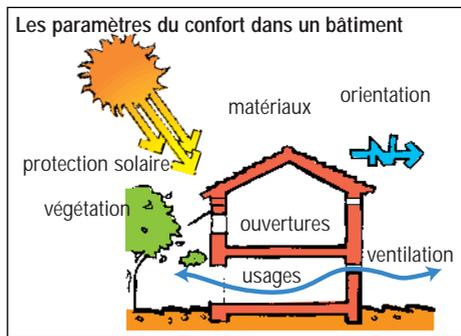
LES ENJEUX

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.

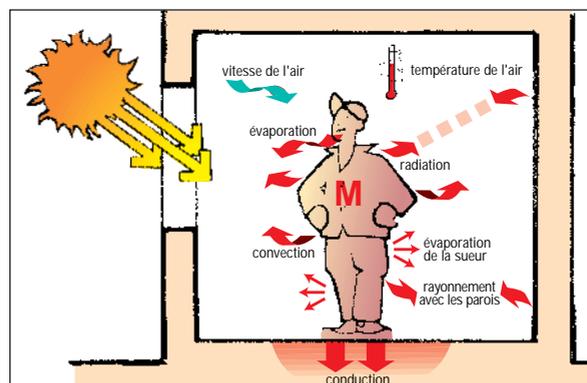
Le corps améliore alors ses échanges avec l'environnement (dilatation des vaisseaux sanguins ; évaporation de la sueur qui rafraîchit la peau).

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	

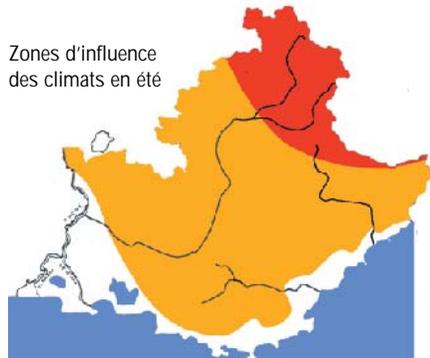
Nota : par comparaison à l'amplitude moyenne constatée pour la température extérieure, on remarque que le corps ne s'adapte de lui-même qu'à des écarts de température très réduits ; un bon confort n'est généralement ressenti qu'entre 22 et 28°C en été dans les bâtiments.

Courbes des températures moyennes mensuelles de 4 stations

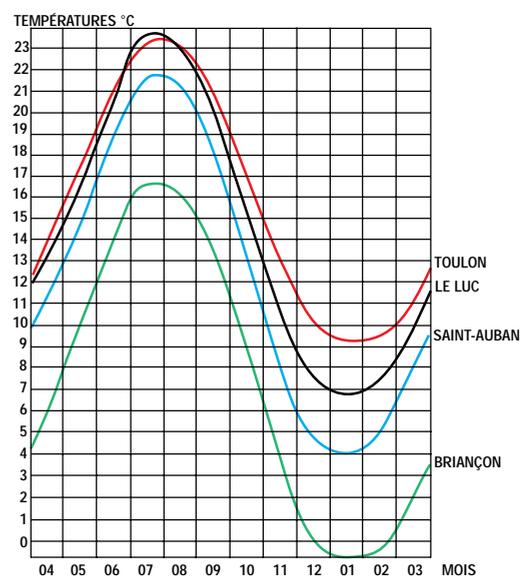
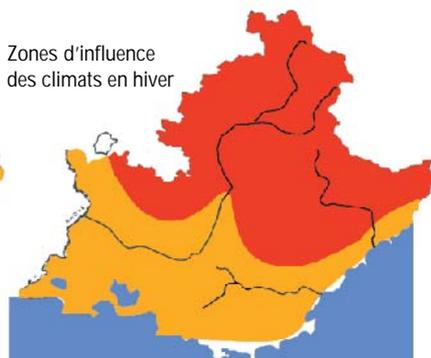
L'ensoleillement, le vent, les températures permettent de définir 3 zones climatiques homogènes dont les limites géographiques varient en fonction de la saison.

climat de montagne climat de zone intermédiaire climat zone côtière

Zones d'influence des climats en été



Zones d'influence des climats en hiver



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

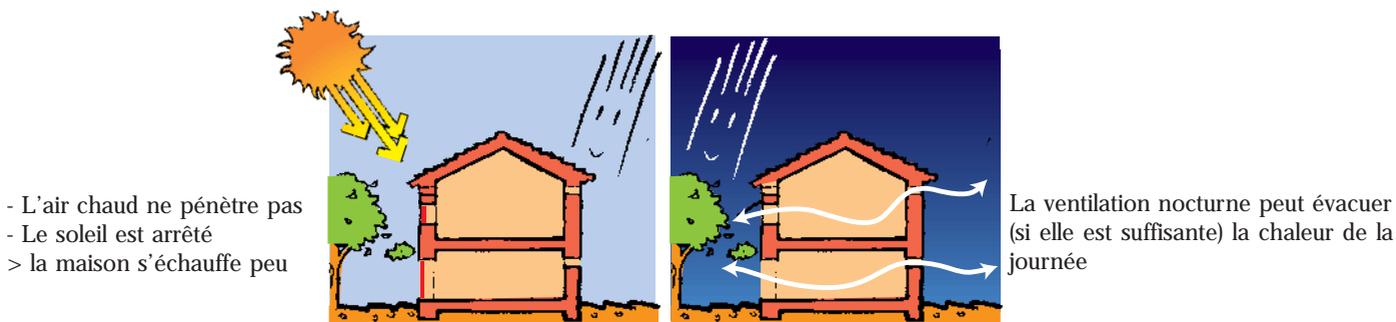
Source : GIVONI

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)



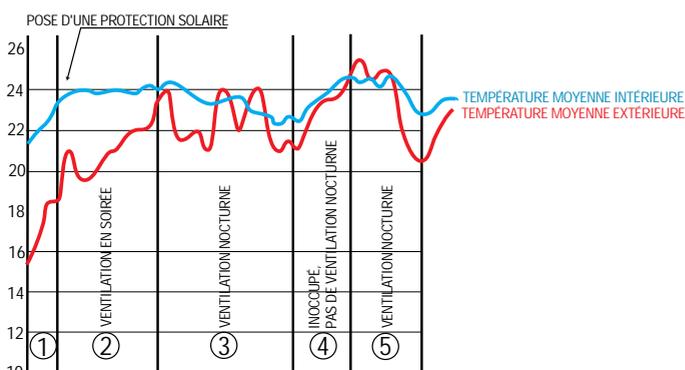
LE BON PILOTAGE EST ESSENTIEL



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,

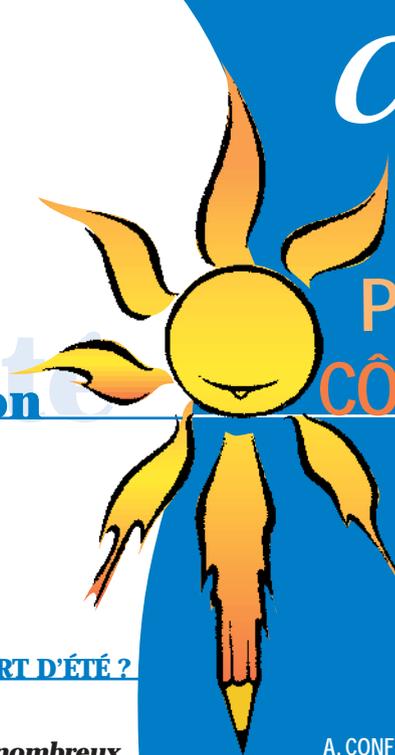
- limitation de la ventilation mécanique (V.M.C.) aux seuls besoins
- ventilation nocturne (prévoir des ouvrants "anti-effraction"),
- orientation des classes au sud de préférence.

• 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.

Confort d'été et réglementation



POURQUOI UNE FICHE SUR LA RÉGLEMENTATION ET LE CONFORT D'ÉTÉ ?

L'inconfort rencontré l'été, voire en demi-saison, dans de très nombreux bâtiments construits depuis 20 ans n'est pas une fatalité.

La réglementation thermique issue de la crise de l'énergie a longtemps privilégié les actions visant à réduire les besoins de chauffage.

La prochaine réglementation (Nouvelle Réglementation Thermique ou N.R.T. dont l'application est prévue en 2000) devrait introduire le confort d'été et suggérer des solutions concrètes. Elle prendra aussi en compte les critères acoustiques, d'éclairage et les conditions de travail.

Demain on ne pourra plus construire sans précautions des "cathédrales de verre" dans des climats ensoleillés. Ainsi les solutions mises en oeuvre devront établir une synthèse entre les contraintes thermiques d'hiver et d'été d'une part, les besoins d'éclairage (naturel et artificiel) d'autre part, aussi bien dans l'habitat que dans le secteur tertiaire.

La réglementation du travail, applicable dans les bureaux notamment, formule depuis longtemps des exigences qualitatives sur ce thème et sur celui de l'éclairage, peu prises en compte dans les programmes de travaux neufs ou de rénovation.

Au-delà de nos frontières, un mouvement semblable se développe. Ainsi, l'Angleterre élabore une nouvelle réglementation, applicable dans les secteurs résidentiels et non résidentiels, qui inclut les contraintes d'été.

A. CONFORT D'ÉTÉ ET CLIMAT FICHE 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



Le confort d'été en Europe : une nouvelle réglementation thermique en Angleterre et au Pays de Galles

L'objectif gouvernemental est de réduire les émissions de CO₂ de 20% entre 1990 et 2010 suite au protocole de Kyoto et à la convention de Rio.

Les bâtiments d'habitation et du secteur non résidentiel représentent environ 50% des émissions de CO₂. Les nouvelles mesures réglementaires porteront sur les bâtiments neufs, les bâtiments existants et des procédures de contrôle de l'efficacité de fonctionnement des installations énergétiques. Une taxe sur l'énergie sera mise en place. Les changements envisagés pour les bâtiments neufs portent sur le niveau d'isolation des parois opaques ($U < 0,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$), la maîtrise des infiltrations, des tests de performances sur l'enveloppe et les équipements, des exigences sur les régulations, les systèmes de ventilation et d'air conditionné. La prise en compte de l'éclairage naturel est envisagée pour minimiser l'éclairage artificiel.

Un système progressif dans le temps sera mis en place pour l'existant. Pour la réhabilitation, certaines exigences réglementaires seront immédiates :

- . La ventilation naturelle sera employée lorsque cela est possible.
- . Des protections solaires devront permettre d'éviter l'ensoleillement direct.
- . La charge thermique d'été devra être réduite afin de limiter les consommations dues au conditionnement d'air.
- . Un éclairage naturel minimal sera exigé de façon à limiter au maximum l'utilisation de l'éclairage artificiel.
- . En matière d'éclairage, l'efficacité des lampes sera prise en compte y compris pour les logements (base 65 lm/W pour le non résidentiel).
- . Les systèmes de ventilation et de conditionnement d'air devront avoir une performance minimale.
- . Il sera établi un ratio de CO₂.



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>

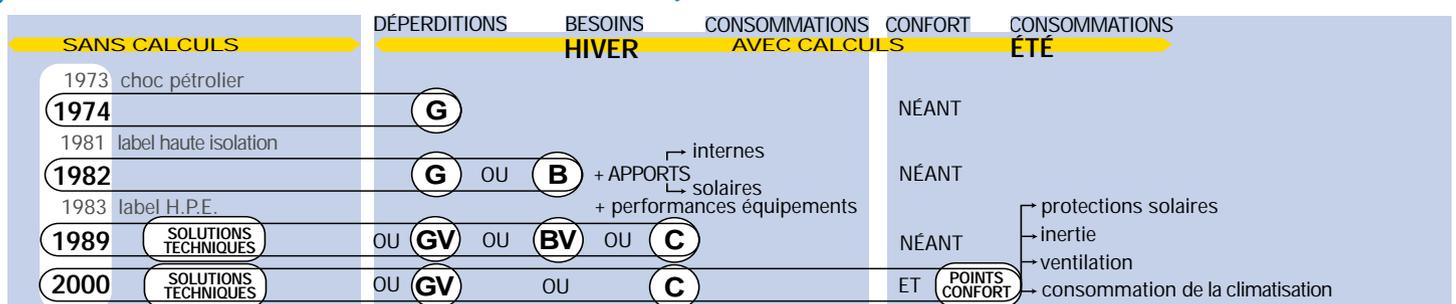
Coordination
Dominique RAULIN
ARENE

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)

ÉVOLUTION DES RÉGLEMENTATIONS THERMIQUES ET ACOUSTIQUES

	Référence réglementaire	Objectifs et moyens	Conséquences sur le confort d'été
THERMIQUE ↑ Année d'application 1974 1969 1985 1989 2000 ?	<p>Arrêté du 22/10/1969 modifiant R.111.9 du Code de la Construction</p> <p>Décret du 10/04/1974 Le coefficient G</p>	<ul style="list-style-type: none"> Obligation de renouveler l'air des logements Réduction de 25% des besoins de chauffage Isolation des parois opaques et vitrées Contrôle de la ventilation 	<ul style="list-style-type: none"> Possibilité d'évacuer l'air surchauffé Effet "Thermos" : majoration des surchauffes par réduction de l'inertie des parois isolées de l'intérieur, Minoration des surchauffes dues aux parois isolées
	<p>Décret et arrêté du 24/03/1982 Le coefficient B</p>	<ul style="list-style-type: none"> Valorisation des apports solaires directs dans le bilan thermique d'hiver 	<ul style="list-style-type: none"> Architecture "bioclimatique" survitrée au Sud pouvant provoquer des apports thermiques excessifs en toute saison = contradiction entre exigences réglementaires d'hiver et confort d'été
	<p>Décret et arrêté du 05/04/1988 modifiant R.111.6 et 7 du Code de la Construction Le coefficient C</p>	<ul style="list-style-type: none"> Réduction de 25% de la consommation d'énergie par rapport à 1974 Valorisation des systèmes de chauffage, d'ECS, de VMC à haut rendement et renforcement de l'isolation 	<ul style="list-style-type: none"> Réduction des débits d'air neuf défavorable au rafraîchissement nocturne Renforcement de l'effet "Thermos" = contradictions des exigences d'hiver et d'été non résolues
	<p>Réglementation à paraître en 2000 Nouvelle Réglementation Thermique 3 options:</p> <ul style="list-style-type: none"> l'option de base simplifiée, sans calculs pour les bâtiments de moins de 170 m² l'option "Déperditions" concerne l'enveloppe des bâtiments, les performances minimales des systèmes, et les exigences pour le confort d'été. l'option "C" conduit à une consommation énergétique (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, éclairage, climatisation) qui doit être inférieure à une consommation de référence. 	<ul style="list-style-type: none"> Réduction des émissions de gaz à effet de serre, en particulier en limitant les consommations d'énergie dans les bâtiments climatisés, ou en évitant de climatiser Intégration des exigences du confort thermique d'été dans l'habitat et le tertiaire, et de l'éclairage dans le tertiaire Simplification de la réglementation, en particulier par une structure commune à l'habitat et au tertiaire 	<p>REDUCTION DES SURCHAUFFES D'ÉTÉ :</p> <ul style="list-style-type: none"> Protection obligatoire des baies vitrées insolées, en cohérence avec la thermique d'hiver Prise en compte de l'inertie des bâtiments Ventilation par ouverture de baies des bâtiments de grande hauteur
ACOUSTIQUE ↑ 1996 1978/83	<p>Arrêtés du 06/10/1978 et du 23/02/1983 art.7 et annexe II "Confort d'été"</p> <p>Arrêtés du 28/10/1994 "N.R.A." = Nouvelle Réglementation Acoustique R.111-1,4,11 du Code de la Construction</p>	<ul style="list-style-type: none"> Limitation à 27°C de la température des logements exposés aux bruits de l'environnement, fenêtres fermées Renforcement de l'isolation acoustique des logements par rapport à l'extérieur, entre logements, et à l'intérieur du logement entre pièces principales et équipements Suppression de la référence au confort d'été 	<ul style="list-style-type: none"> En l'absence de contrôle et de méthode d'évaluation, objectif généralement non pris en compte Le traitement du confort thermique d'été est renvoyé à la N.R.T.

ÉVOLUTION DE LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE DANS LE CODE DE LA CONSTRUCTION



- Le code de la construction
- Le code du travail
- Les DTU en vigueur
- La nouvelle réglementation
- Conception thermique de l'habitat : guide pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur - SOL A.I.R. - EDISUD, 1988



LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE DANS LE TERTIAIRE D'APRES LE CODE DE LA CONSTRUCTION

Référence réglementaire	Objectifs et moyens	Conséquence sur le confort d'été
<p>Le coefficient G1 Arrêtés du 12 Mars 1976 Isolation et renouvellement d'air dans les bâtiments autres que d'habitation (abrogés par les arrêtés de 1988)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des déperditions par transmission à travers les parois des bâtiments autres que d'habitation 	<ul style="list-style-type: none"> • Confort d'été non abordé • Effet "Thermos" renforcé dans les bureaux et les écoles : <ul style="list-style-type: none"> - surfaces vitrées importantes - peu de cloisonnements lourds - faux-plafonds, etc
<p>Modification du calcul du coefficient G1 Décret du 12/04/1988 R.111-22 et R.131-15 à 17 du Code de la Construction</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arrêtés du 13/4/1988 pour les bureaux et commerces, l'hôtellerie, les bâtiments à usage industriel, les autres bâtiments • Arrêtés du 6/05/1988 pour les bâtiments d'enseignement, les bâtiments à usage sportif • Arrêté du 11/03/1988 pour les bâtiments sanitaires et sociaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des déperditions par transmission selon l'usage des bâtiments • Prise en compte des apports solaires gratuits dans G1, en fonction de l'exposition et de l'inertie thermique. <p>Globalement, les exigences d'hiver restent très en-deçà de celles du secteur du logement</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La possibilité de valoriser l'inertie dans le bilan thermique d'hiver n'est que rarement utilisée en raison du faible niveau d'isolation requis.
N.R.T.	Structure commune de la réglementation habitat et tertiaire.	<ul style="list-style-type: none"> • REDUCTION DES SURCHAUFFES D'ÉTÉ : idem secteur Habitat • Valorisation de l'éclairage naturel, et des sources lumineuses à haut rendement.

1976

1989

Année d'application

2000 ?

DOCUMENTS NORMATIFS ASSOCIES

- DTU P 50-702 : règles Th K (caractéristiques des parois)
- DTU P 50-703 : règles Th D (déperditions)
- DTU P 50-704 : règles Th G (GV et G1)
- Règles Th BV (besoins)
- Règles Th C (consommations)
- Solutions techniques pour le respect du règlement thermique en maison individuelle (Cahier du CSTB 2242)
- Solutions techniques pour le respect du règlement thermique applicable aux petits immeubles collectifs ne comportant pas plus de cinquante logements (Cahier du CSTB 2390)
- Exemples de solutions Confort d'été (Cahier du CSTB 1648)
- Guide de l'isolation par l'intérieur des bâtiments d'habitation du point de vue des risques en cas d'incendie (Cahier du CSTB 206)
- NFX 35-203 ou Norme NF EN ISO 7730 - Ambiances thermiques modérées - AFNOR 00

RÉGLEMENTATION THERMIQUE ET CONFORT THERMIQUE D'APRES LE CODE DU TRAVAIL

Art. R 232-5	<ul style="list-style-type: none"> • Eviter les élévations exagérées des températures (en toutes saisons) 	Adaptation du renouvellement d'air en fonction des besoins et des températures extérieures
Art. R 232-5-2 R 232-5-3 R 235-5-7	<ul style="list-style-type: none"> • Aérer les locaux à pollution non spécifique • Capter et évacuer les polluants 	Mise en place des entrées d'air et des extractions
Art. R 235-2-9	<ul style="list-style-type: none"> • Adapter la température des locaux à l'organisme humain 	Application de la norme NF EN ISO 7730 et du Code de la Construction

LE CHAMP D'APPLICATION DU CODE DE LA CONSTRUCTION

CONSTRUCTIONS NEUVES

Les réglementations actuelles ainsi que la prochaine "N.R.T." ne concernent que les constructions neuves, aussi bien en résidentiel qu'en tertiaire.

La "N.R.T." précisera les obligations de résultats ou de moyens dans les secteurs de l'habitat et du tertiaire.

Elle s'appliquera à tous les locaux dont la température normale d'occupation est supérieure ou égale à 12°C.-

BÂTIMENTS EXISTANTS

Extension ou modification de bâtiments d'habitation

Dans les bâtiments d'habitation existants, seules les "surélévations et extensions de bâtiments d'habitation" sont visées par l'article 8 de l'arrêté du 5 Avril 1988 :

- les logements créés doivent être conformes à la réglementation concernant la construction neuve
- les agrandissements de logements existants doivent respecter les dispositions relatives aux déperditions par les parois.

Extension de bâtiments tertiaires

Dans les bâtiments tertiaires existants, seules "les parties nouvelles de bâtiments" sont visées par la réglementation de la construction neuve (article 1er du décret n° 88-355 du 12 Avril 1988). L'article 10 de chacun des arrêtés d'application visant les bâtiments tertiaires précise que l'isolation thermique concerne les "surélévations ou additions à des bâtiments existants".

Réhabilitation

En réhabilitation, l'application des réglementations pour les constructions neuves, n'est pas obligatoire. Elles constituent cependant des repères et des guides. La règle à respecter est fixée par contrat entre le maître d'ouvrage et les constructeurs.

L'ÉCLAIRAGE DANS LE PROJET DE NOUVELLE RÉGLEMENTATION THERMIQUE

Champ d'application : l'éclairage général (hors éclairage de sécurité) des secteurs non résidentiels soumis au Code de la Construction. La NRT se préoccupe de minimiser les consommations d'énergie dues à l'éclairage sauf dans l'habitat.

OPTION "DEPERDITIONS"

- la part de la puissance d'éclairage à incandescence et halogène (y compris consommation des accessoires tels que transformateurs de courant) doit être inférieure à 25 % de la puissance totale d'éclairage installée.
- gestion de l'éclairage :
 - équipement minimum :
 - dispositif d'extinction à chaque accès de local dont la puissance d'éclairage est supérieure à 300 W
 - commande manuelle en complément de commande automatique
 - utilisation des détecteurs de présence, lorsqu'ils existent, pour asservir l'éclairage des locaux à une occupation très intermittente

- programmation dérogable localement si les lampes sont énergétiquement performantes, sinon, fonctionnement asservi selon les types de locaux.
- suivi de fonctionnement de l'éclairage au-dessus de 1000 m² et par tranches de 1000 m² par centralisation de l'information.

OPTION "C"

Valorisation :

- de l'éclairage naturel
- des systèmes de gestion de l'éclairage
- des sources et luminaires performants pour atteindre des consommations d'énergie inférieures à une consommation de référence.

ÉCLAIRAGE NATUREL ET ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL D'APRÈS LE CODE DU TRAVAIL

Le code du travail fixe les obligations des employeurs ainsi que celles des maîtres d'ouvrages concernant l'éclairage naturel et l'éclairage artificiel.

Ci-dessous sont précisées les obligations qui ont une incidence sur le confort thermique.

ÉCLAIRAGE NATUREL :

- l'art. R 235-2 pose explicitement l'obligation (qui incombe au Maître d'Ouvrage) de prévoir un éclairage naturel pour les locaux de travaux - (sauf dans le cas où la nature technique des activités s'y oppose).
- l'art. R 235-2-1 exige la présence de baies transparentes à hauteur des yeux donnant sur l'extérieur, sauf en cas d'incompatibilité avec la nature des activités envisagées.
- La circulaire du 11/04/1984 précise que la surface de baies doit être au moins égale au quart de la surface de la plus grande paroi du local.
- L'application de cette dernière règle peut nécessiter de bonnes, voire de très bonnes protections solaires. Elle nécessite un examen critique préalable lorsqu'on a affaire à des locaux longs et peu profonds.

ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL :

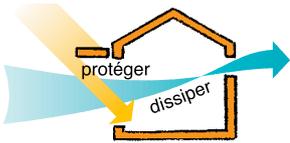
- les niveaux minimums d'éclairage des lieux de travail sont définis à l'art. R 232-7. Ils sont assez faibles, et ne sont donc pas de nature à générer de fortes surchauffes.

Locaux affectés au travail et leurs dépendances	Valeurs minimales d'éclairage
Voies de circulation intérieure	40 lux
Escaliers et entrepôts	60 lux
Locaux de travail, vestiaires, sanitaires	120 lux
Locaux aveugles affectés à un travail permanent	200 lux
Zones et voies de circulation extérieures	10 lux
Espaces extérieurs où sont effectués des travaux à caractère permanent	40 lux

- l'art. R 232-7-6 prévoit la nécessité pour l'employeur de veiller à ce que les effets thermiques dus au rayonnement des sources d'éclairage n'incommodent pas les salariés. Là où l'activité nécessite un niveau élevé d'éclairage, on est donc incité à choisir des systèmes d'éclairage générant peu de chaleur.

Orientation/implantation

LES ENJEUX - SE PROTÉGER ET DISSIPER



Afin d'assurer le confort d'été, la conception architecturale doit mettre en œuvre toutes les opportunités pour limiter l'ensoleillement d'un bâtiment, rechercher l'ombre et favoriser la ventilation naturelle par les ouvertures alors que paradoxalement, l'hiver, le concepteur recherchera les apports solaires, la protection des vents dominants et la limitation des déperditions. Ainsi le choix d'une implantation par rapport aux autres constructions, aux obstacles naturels et artificiels, aux nuisances sonores, et le choix d'orientation des façades permettront, ou non, d'exploiter leur potentiel d'ombrage, de rafraîchissement par les effets de masques, par les brises ou vents dominants.

ORIENTATION DES FAÇADES

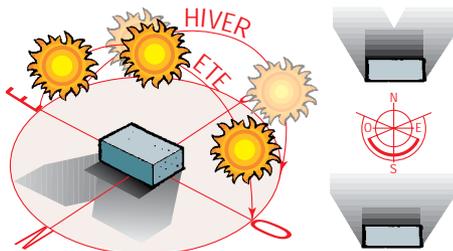
L'orientation Sud est à privilégier :

- En été, une façade exposée au Sud reçoit le plus faible ensoleillement hormis les orientations proches du Nord.
- C'est également la façade qui est la plus efficacement mise à l'ombre, grâce à des pare-soleil horizontaux.
- En hiver, la façade Sud est celle qui reçoit le plus d'ensoleillement.
- En été, ce sont les façades orientées Est et Ouest qui reçoivent les ensoleillements les plus importants.

En été, l'énergie solaire transmise par une baie orientée Ouest est plus forte que celle d'une baie orientée Sud. Qui plus est, elle pénètre dans le bâtiment au moment de la journée où sa température intérieure est la plus élevée !

SUR FENÊTRE ÉQUIPÉE DE SIMPLE VITRAGE	JUIN	JUILLET	AOÛT	DÉCEMBRE
FAÇADE SUD	2,14	2,23	2,56	2,08
FAÇADE SUD EST/SUD OUEST	2,89	3,06	3,06	1,54
FAÇADE EST/OUEST	3,33	3,46	3,03	0,74
TOITURE (TERRASSE)	7,13	7,35	6,23	1,33

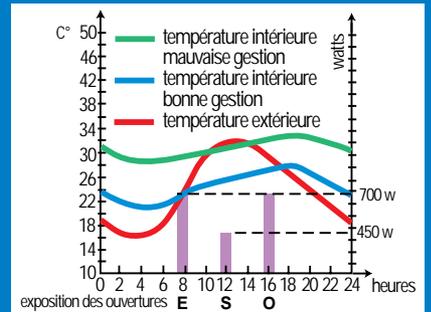
Moyennes mensuelles de l'irradiation solaire transmise en kWh/m²/jour. (d'après " L'Atlas solaire Français " - Valeurs pour Marseille latitude 43,45°)



- A. CONFORT D'ÉTÉ ET CLIMAT
B. CONFORT D'ÉTÉ ET RÉGLEMENTATION
- FIGURE 1. ORIENTATION / IMPLANTATION
2. TRAITEMENT DES ESPACES EXTÉRIEURS
 3. PROTECTION SOLAIRE / ISOLATION
 4. INERTIE THERMIQUE
 5. VENTILATION / RAFFRAÎCHISSEMENT
 6. ÉCLAIRAGE NATUREL / ARTIFICIEL

Température résultante du logement et puissance de l'ensoleillement à travers les baies en fonction de l'orientation

le 15 juillet

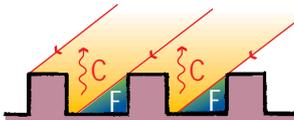


Ce graphique montre l'évolution de température intérieure et extérieure en fonction de l'heure : la pointe de la température intérieure est amortie et retardée.

Source " Conception thermique de l'habitat "

ORIENTATION ET OMBRES

effet d'ombre sur une construction



effet d'ombre par construction



F = fraîcheur C = chaleur

Les formes architecturales des bâtiments engendrent des "masques" (vis-à-vis de l'ensoleillement) qui créent des ombres sur les façades et les fenêtres à certaines heures de la journée. Ces ombres se traduisent par une diminution de la quantité d'énergie reçue sur la façade ou la fenêtre. Cet affaiblissement énergétique peut s'exprimer par un coefficient de transmission (Coefficient F ou Facteur Solaire).

En été, dans l'habitat, on souhaite obtenir des "masques" importants (F proche de 0) alors qu'en hiver, on cherche précisément l'inverse (F proche de 1).

Les ombres en se déplaçant entretiennent des réévaluations constantes de températures et de pression. Elles créent des courants d'air qui peuvent être réhydratés et rafraîchis par la proximité d'une fontaine, d'un bassin, etc...

"Le plaisir d'une maison comme d'une ville est donné par la qualité de son air, c'est-à-dire par la qualité des ombres".
Christophe Petitcolot in Systèmes Solaires octobre/novembre 1986



Formes urbaines - l'effet de rue : en milieu urbain dense, on peut observer des effets de masque sur les vitrages, qui l'été réduisent les apports solaires directs. A hauteur égale de bâtiments, plus la rue est étroite et plus les "masques" sont importants. Néanmoins, lorsque les façades principales sont orientées Nord/Sud (bonne orientation en Provence-Alpes-Côte d'Azur), ces masques sont sans effet sur le bilan thermique des jours les plus chauds de l'été. Cette considération amène à s'assurer par contre d'un prospect "suffisant", compatible avec l'ensoleillement d'hiver, pour récupérer les apports solaires, source d'économie d'énergie non négligeable.



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](http://www.arena.fr)

Coordination
Dominique RAULIN
ARENE

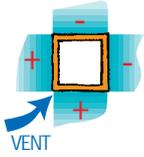
Rédaction
Denis JACOB - SOL.A.I.R.
Aix-en-Provence (13)
Thierry CABIROL - Ingénieur
Aix-en-Provence (13)
Olivier RIGAL - Architecte
Marseille (13)

Gérard SAUREL - Habitat et Société
Les Arcs (83)

ORIENTATION ET VENTILATION

A l'échelle de la région, les vents dominants sont des vents forts :

- mistral : vent sec, de secteur Nord-Ouest
- vent Sud à Est, humide, porteur de pluie.



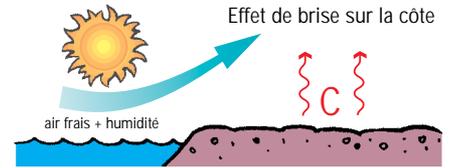
Le vent provoque des zones de pressions positives ou négatives par rapport à la pression atmosphérique : un écoulement d'air a tendance à se produire de la première vers la seconde. La chaleur intérieure aux bâtiments est dissipée au moyen de courants d'air créés par les différences de pression dues :

- soit au vent,
 - soit à l'écart des densités de l'air intérieur et de l'air extérieur, ou de l'air de deux façades dont l'une est ensoleillée et l'autre pas.
- La double ou triple orientation des façades permet l'aération transversale de jour comme de nuit.

voir fiche 5 - Ventilation/Rafrâichissement

Les logements traversants doivent toujours être préférés en zone urbaine pour favoriser la ventilation sur façades opposées, avec des ouvertures appropriées, mais aussi une "perméabilité" intérieure. A noter que sur la bande littorale, les brises marines - brise de nuit, brise de jour - provoquent une ventilation très efficace :

- le jour, l'air marin "frais" et humide souffle en général de la mer vers la terre.
- la nuit, l'air souffle de la terre vers la mer, après s'être rafraîchi sous le ciel clair.



- Éviter les grandes ouvertures sans protection sur les façades Est/Ouest.
- Éviter les espaces extérieurs trop minéralisés sans protection contre le rayonnement solaire direct, qui se transforme en accumulateur de chaleur.

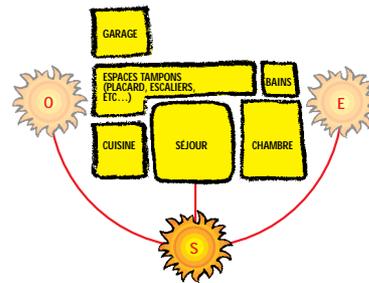
ORIENTATION ET COMPOSITION D'UN PLAN

L'orientation d'une pièce est déterminée principalement par celle de ses ouvrants. Les solutions proposées doivent concilier la recherche de soleil l'hiver, et la minoration des apports solaires l'été.

- La façade Sud d'un bâtiment est un bon emplacement pour les pièces à vivre pendant la journée :
- l'hiver : bon captage solaire
- l'été : protection solaire simple par auvent, masque horizontal, végétaux, etc...
- en demi-saison : prolongement agréable vers l'extérieur.
- Les chambres seront utilement ouvertes entre l'Est et le Sud, afin de bénéficier d'un bon ensoleillement l'hiver, et d'être à une température acceptable en été, dès le début de la nuit.



Les espaces tampons créent une ambiance intermédiaire (tampon régulateur) entre le climat extérieur variable et le climat intérieur stable. Ce sont des espaces de transition où le confort n'est pas assuré tout au long du jour, dont les performances d'isolation (garage) ou d'apport énergétique sont le plus souvent recherchées en hiver (véranda).



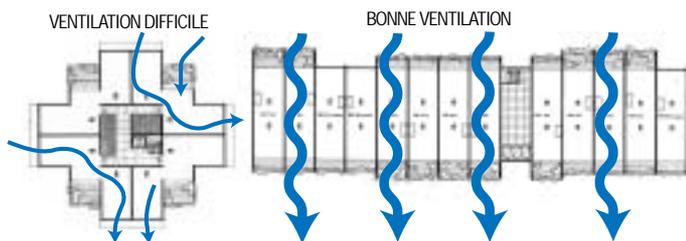
Ce schéma d'organisation d'un logement individuel est un exemple de bon compromis HIVER/ETE

- Les locaux à faibles besoins de chauffage et ceux non chauffés seront disposés de préférence au Nord.

Certains d'entre eux peuvent avoir un rôle bénéfique également en été (comble ventilé, buanderie, local technique...) ou néfaste s'ils sont mal protégés du rayonnement solaire (serre accolée, véranda, atrium...). Ces derniers doivent être très ventilés l'été et à l'abri d'un feuillage qui peut leur donner le rôle de salle de séjour d'été.

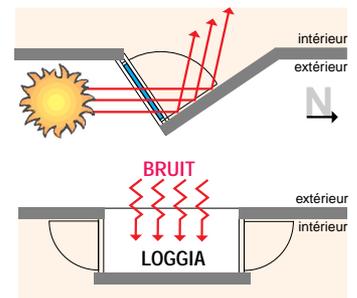
EN RÉHABILITATION

Pour les logements collectifs, la recherche d'une forme compacte à double orientation opposée est préférable à des logements mono-orientation pour favoriser la ventilation et rechercher le confort des pièces au Nord pendant les périodes d'ensoleillement maximum.



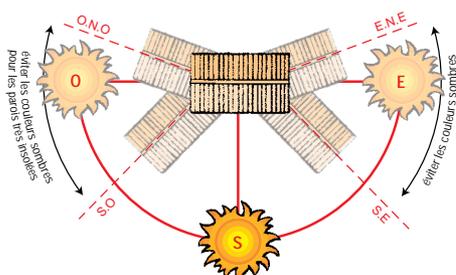
En réhabilitation, l'orientation des façades est déterminée par le bâti existant. Diverses précautions doivent toutefois être prises lors des travaux de réhabilitation :

- rejeter au nord les locaux de service, rangement, circulation.
- rechercher une double orientation (si possible sur deux faces opposées).
- créer des débords de vitrage (bow-window) pour rechercher une orientation sud.
- en dernier recours, différencier les fonctions de "captage d'énergie solaire" (orientées au sud) et les vitrages à fonction visuelle.
- en milieu bruyant, des ouvertures protégées par des loggias traitées avec des absorbants acoustiques pourront constituer une solution.



L'utilisation de capteurs-plans, de murs "Trombe-Michel" derrière un vitrage ou un panneau d'isolation transparent, permet de dissocier les vitrages (vue, lumière) du captage de l'énergie solaire

ORIENTATION, COULEUR ET MATÉRIAUX



Éviter les couleurs foncées sur les parois soumises à un fort ensoleillement (EST/OUEST) et sur les parois horizontales (toiture horizontale).

Les parois d'un bâtiment, exposées au soleil, s'échauffent. Leur température devient supérieure à celle de l'air extérieur. Cet échauffement résulte de l'absorption d'une part plus ou moins importante de l'énergie solaire incidente, donc principalement de la couleur des parois et de leur orientation. Il faut donc éviter les couleurs foncées⁽¹⁾ sur les parois soumises à un fort ensoleillement en particulier lorsqu'il s'agit de parois Est ou Ouest ou horizontales (terrasses). Il faut soigner le traitement des ponts thermiques, source de surchauffe en été et de refroidissement et de condensation en hiver.

1. le DTU 42.1 " Protection des façades en service par revêtements d'imperméabilité à base de polymères " interdit les couleurs dont le coefficient d'absorption solaire est supérieur à 0,7, pour des raisons de stabilité des revêtements d'étanchéité.

Traitement des espaces extérieurs

"L'extérieur est un autre dedans" (Le Corbusier)

LES ENJEUX

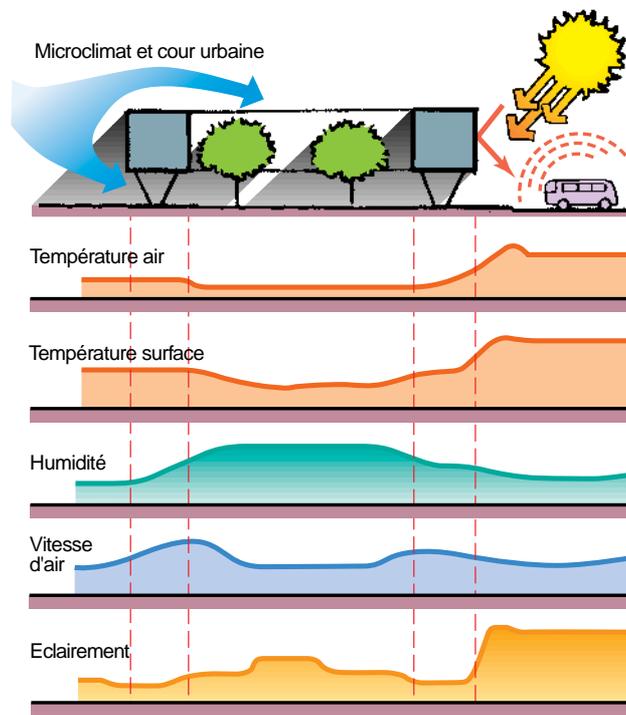
Le traitement des espaces extérieurs permet d'atténuer la rudesse des contraintes climatiques autour des bâtiments pour, d'une part, rendre confortables le plus longtemps possible ces lieux de vie occupés une partie de la journée en région méditerranéenne et, d'autre part, améliorer le confort des locaux.

LE CONSTAT

Les paramètres climatiques sont modifiés aux abords des bâtiments, on observe un microclimat urbain.

En été, le microclimat résultant de l'urbanisation a des caractéristiques plus contraignantes que les données météorologiques⁽¹⁾ principalement par effet de surchauffe aux abords immédiats des bâtiments, consécutif à l'ensoleillement du sol et des façades.

Le microclimat et son interaction sur l'ambiance thermique à l'intérieur du bâtiment doivent être maîtrisés, pour minimiser les contraintes estivales sans compromettre le bilan hivernal.



Exemple d'un îlot urbain avec cour intérieure végétalisée et bâtiments collectifs sur pilotis.

L'échauffement des parois sous l'effet du soleil, l'effet d'ombre des bâtiments et des plantations, l'influence du bâti et des obstacles sur la circulation de l'air, modifient le climat local.

Température : les températures d'air sont moins élevées que les températures de surface des sols et parois ensoleillées. La valeur de celles-ci dépend étroitement de l'exposition au soleil, de la couleur.

Humidité relative : l'évolution du profil de l'humidité relative est inverse de celui de la température d'air. La végétalisation de la cour augmente l'humidité dans cet espace et contribue à l'abaissement de sa température.

Vitesse de l'air : le mouvement de l'air est accéléré au passage des pilotis sous les bâtiments, la cour est relativement abritée.

- 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 / RAFFRAÎCHISSEMENT
6. ÉCLAIRAGE NATUREL / ARTIFICIEL

1. les données météorologiques sont une référence très particulière, mesurées dans un abri météo (coffret blanc et persienné à 1,5 m du sol recouvert d'un gazon), souvent plus favorables que le climat urbain.



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)

LES PARAMÈTRES INFLUANT SUR LE MICROCLIMAT URBAIN

Ce sont ceux qui régissent le confort thermique (cf. fiche A).

- a) les paramètres thermiques :
- le rayonnement (bilan radiatif)
 - la convection (bilan convectif)
 - l'humidité (bilan évaporatif)

b) autres paramètres :

Aux trois paramètres thermiques, on peut rajouter le paramètre "éclairage", dont la variabilité dans l'espace et dans le temps est très importante en été, participant à la sensation de confort ou d'inconfort vécue par l'utilisateur, le bruit environnant pouvant aggraver l'impression de stress thermique.

Le rayonnement

Le bilan radiatif englobe le rayonnement solaire visible et le rayonnement infrarouge qui dépend de la température de surface des parois et de la peau de l'utilisateur.

En été, à l'extérieur, le rayonnement solaire intervient à deux niveaux :

- il crée une charge thermique sur le corps humain quand celui-ci est exposé au soleil.
- il augmente la température des parois (surcharge radiative infrarouge) et la température de l'air ambiant (surcharge convective).

Certains échanges radiatifs peuvent améliorer les sensations de confort de l'utilisateur à l'extérieur : ceux qu'il entretient avec les "parois froides", quand il est lui-même à l'ombre.

Les principales parois qui peuvent jouer ce rôle bienfaisant sont :

- les voûtes végétales le jour,
- la "voûte céleste", en l'absence de nuages (la température apparente du ciel clair est très faible, inférieure de 20°C environ à celle de l'air ambiant),
- les parois (mur et sol) à l'ombre depuis au moins 6 heures.

La toiture blanche (si elle est propre) rejette par réflexion l'essentiel du rayonnement solaire incident, le peu d'énergie solaire captée est ré-émis par rayonnement infrarouge vers la "voûte céleste". On retrouve ce principe dans l'architecture traditionnelle méditerranéenne (Grèce, Espagne...) où les parois sont blanchies au lait de chaux.

Le rayonnement solaire réfléchi par l'environnement intervient dans le bilan radiatif des bâtiments mais également des usagers. La capacité des matériaux à réfléchir le rayonnement solaire (albedo) dépend de leur couleur et de leur nature (minérale ou végétale).



Application actuelle :

- gravier clair
- étanchéité autoprotégée blanche ou aluminée
- bac acier clair

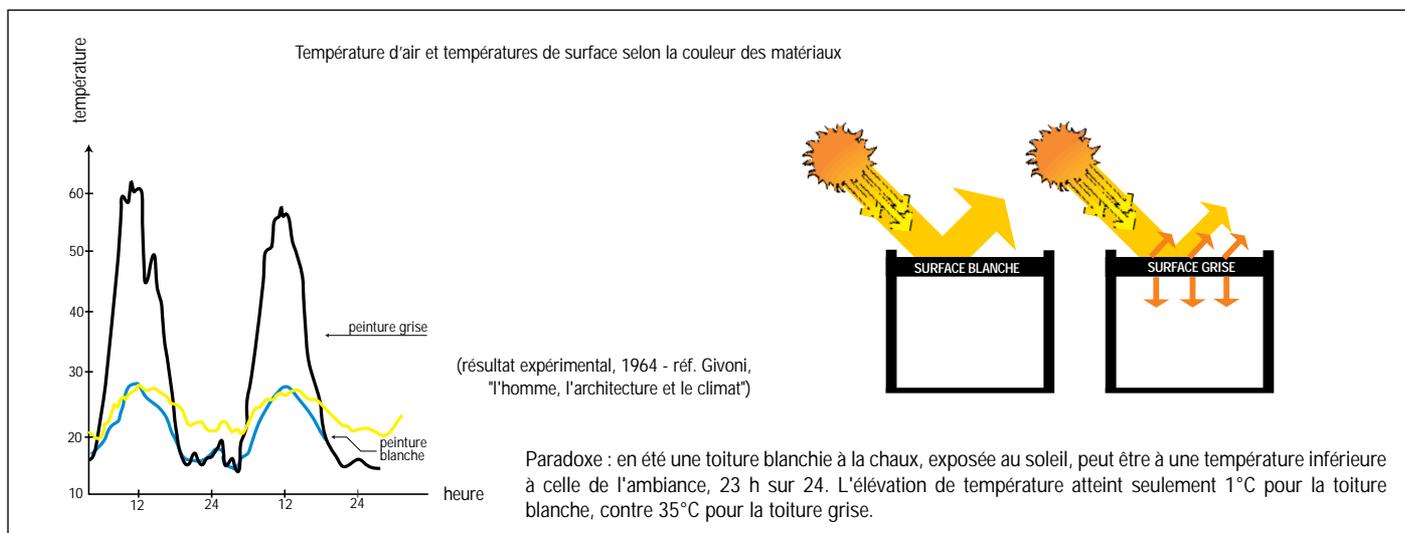
La convection et l'évaporation corporelle

Les mouvements de l'air augmentent le rafraîchissement du corps en accélérant les échanges convectifs mais aussi l'évaporation de la transpiration.

L'effet de rafraîchissement obtenu est efficace avec des températures d'air inférieures à 32°C, pour des situations à l'ombre.

En Provence, exposé directement au soleil en milieu d'une journée d'été, on ne peut plus être dans des conditions confortables. La ventilation ne peut plus suffire pour équilibrer les échanges thermiques (hormis au voisinage immédiat de la mer).

A l'ombre, on peut disposer de conditions d'autant plus confortables, que l'on bénéficie d'un petit courant d'air frais (< 32°C). On rencontre cette situation tout au long de la journée dans la frange littorale, ainsi que le matin et en fin de journée à l'intérieur des terres.



L'évaporation de l'eau : rafraîchissement par humidification

L'évaporation naturelle de l'eau d'une fontaine ou celle transpirée par la végétation (pelouses, arbres) crée un abaissement de la température de l'air ambiant à proximité immédiate.. Cependant pour les plantes les masses d'eau en jeu étant relativement faibles, l'effet de refroidissement par évapotranspiration reste limité. L'évaporation de l'eau d'arrosage joue un rôle plus important (stockage humide du sol, régulateur thermique).

L'évaporation provoquée (brumisation, arrosage des sols...) est plus efficace mais grande consommatrice d'eau.

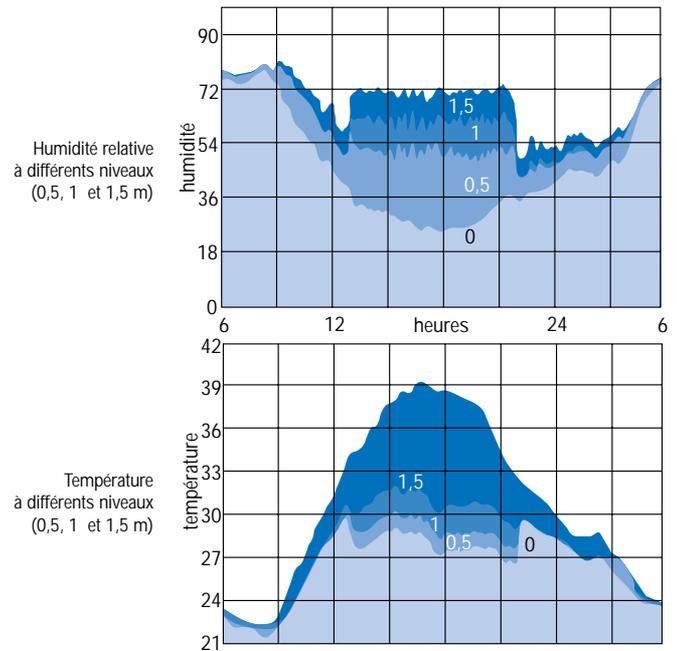
L'effet sera d'autant plus sensible que l'air est sec.

Dans tout projet, architectural ou urbain, il est souhaitable d'envisager le recours à tout procédé, naturel (végétation principalement) ou artificiel (humidification, en dehors de la frange littorale) mettant en jeu l'évaporation de l'eau.

Dans le cas du climat de Séville, le procédé de rafraîchissement par évaporation permet un abaissement de la température de pointe d'environ 7 °C.



Effets climatiques des systèmes de rafraîchissement par humidification utilisés à Séville (Pavillon de la CE). Source : Architectures d'été, Jean-Louis Izard - Edisud



CREER UN MICROCLIMAT PLUS FAVORABLE AUX ABORDS DU BATIMENT

La finalité du traitement des espaces extérieurs est bien de créer des espaces confortables autour des bâtiments.

- Pour cela le concepteur peut jouer au maximum sur ce qui améliore les bilans radiatif, convectif et évaporatif.
- La conception urbanistique et architecturale des espaces de vie extérieurs doit prendre en compte les évolutions saisonnières et les fluctuations journalières des ambiances extérieures (température et ensoleillement principalement) et en déduire leur implantation et configuration optimales.

LES OBJECTIFS		LES MOYENS
limiter l'insolation, créer des ombrages	→	les protections solaires
		l'implantation et la hauteur des bâtiments
favoriser la ventilation naturelle	→	la végétation
		la couleur des matériaux
réguler la température et l'hygrométrie de l'air	→	l'inertie des matériaux
		les espaces tampons
		l'utilisation de l'eau

LES PROTECTIONS SOLAIRES DES ESPACES EXTÉRIEURS

La première mesure pour améliorer les conditions climatiques d'été des espaces extérieurs consiste à limiter leur ensoleillement : protections solaires saisonnières, végétation,...

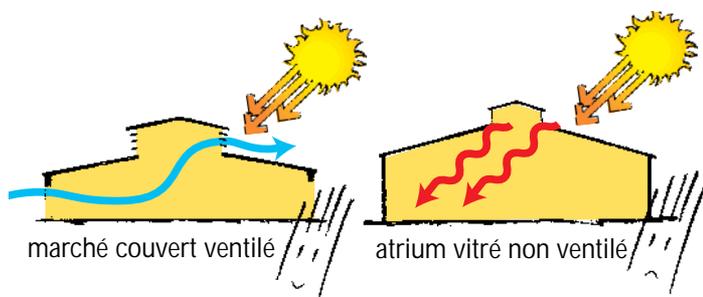
Ces dispositifs extérieurs prolongent les protections solaires architecturales propres au bâtiment dans le but de délimiter des espaces confortables à l'ombre et de réduire les contraintes thermiques sur le bâti.

LES PROTECTIONS SOLAIRES FIXES

• Les couvertures des espaces extérieurs

Elles sont utilisées comme protection à la pluie, généralement dans les espaces publics de circulation : passages couverts, marquises, auvents, marchés...

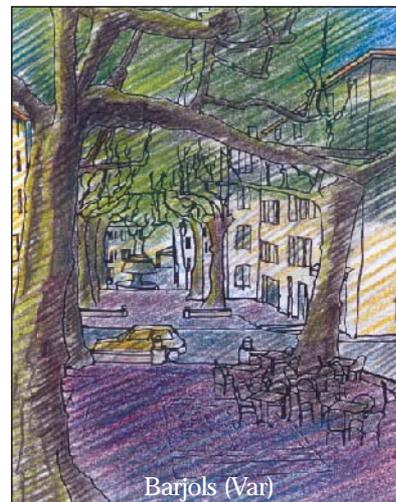
Opaques et ventilées, elles créent des zones d'ombrage confortables.



• Le bâti

Des espaces à l'ombre significatifs sont également occasionnés par les bâtiments de plusieurs niveaux qui peuvent être considérés comme des protections solaires fixes.

Ce type de protection ne doit pas nuire à l'ensoleillement hivernal. Des solutions de compromis seront nécessaires en site urbain dense.

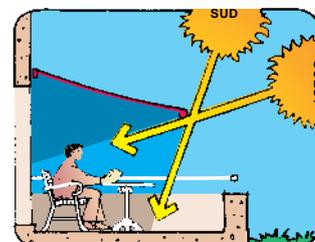


LES PROTECTIONS SOLAIRES VARIABLES ET MOBILES

La végétation à feuilles caduques fait partie de ce type de protection.

Les protections solaires mobiles sont très majoritairement implantées en prolongement direct des bâtiments (vélum de terrasse par exemple). Leur efficacité est optimale du côté sud

des bâtiments, secteur où les contraintes solaires estivales ne sont pas les plus fortes : le soleil y est plus haut sur l'horizon et l'énergie reçue plus faible que pour les expositions est et ouest.



LA COULEUR DES PAROIS EXTÉRIEURES

Les couleurs ont des coefficients d'absorption du rayonnement solaire différents, elles peuvent donc faire partie des protections solaires.

Les couleurs dites "froides" (bleu et vert) absorbent très fortement le rayonnement solaire : le bleu clair est plus absorbant que le marron.

Le coefficient d'absorption du béton brut est important, compris entre 0,5 et 0,6 pour du béton neuf, il devient supérieur avec le vieillissement.

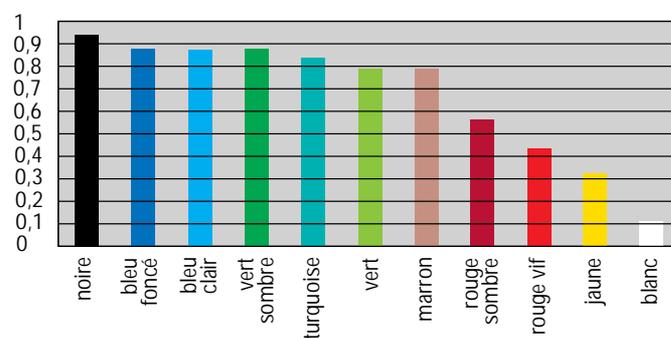


Le D.T.U. 42-1 (NF P84-404-1) "Réfection des façades en service par revêtements d'imperméabilité à bases de polymères" exclut les revêtements de teinte foncée (dont le coefficient d'absorption est supérieur à 0,7).

Les couleurs absorbantes sont à éviter : sous l'action du rayonnement solaire, elles participent à l'échauffement de l'air ambiant tout en créant un effet de radiateur pour l'usager qui passe à proximité.

Pour l'été, le choix des couleurs claires s'impose. On veillera toutefois à ne pas engendrer des conditions d'éblouissement. Les surfaces claires emmagasinent moins de chaleur : l'échauffement de l'air ambiant est réduit et elles rayonnent moins sur

Valeur du coefficient d'absorption (a) pour des laques cellulosiques :



Facteur d'absorption du rayonnement solaire

les usagers. En hiver, un fort coefficient de réflexion solaire des sols situés au sud sera favorable aux bâtiments : la partie réfléchie du rayonnement renforçant les apports thermiques et lumineux à travers les baies vitrées.



Applications

- gravier clair
- dalles béton,
- pavés autobloquants de couleur claire, etc...

- Conception thermique de l'habitat. Guide pour la région PACA - SOL.A.I.R. - 1988
- L'homme, l'architecture et le climat - B. Givoni (Edition du Moniteur)
- Architectures d'été - J.L. Izard (Edisud) - 1992
- Rôle de la végétation dans le microclimat : utilisation de la thermographie - G. Destobbeire et J.L. Izard conférence EPIC'98 LYON
- Morphologie, végétal et microclimat urbain - groupe ABC, Ecole d'architecture de Marseille-Luminy - Plan Urbain - 1997



LA VÉGÉTATION

La végétation comme protection solaire d'été

Les plantations sont à favoriser à proximité des bâtiments pour apporter l'ombrage en été sans arrêter le soleil d'hiver (arbres à feuilles caduques) et pour diminuer l'exposition du sol au rayonnement solaire.

La végétalisation des espaces extérieurs permet de guider les déplacements d'air en filtrant les poussières pendant les périodes chaudes.

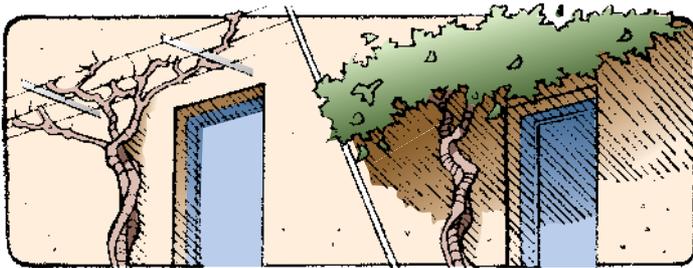
Les végétaux créent des ombrages sur le sol et les parois, permettent de gérer l'habitabilité des espaces extérieurs et de protéger les espaces intérieurs des bâtiments.

Ils assurent également une humidification de l'air grâce aux échanges gazeux et de vapeur d'eau entre les plantes et l'atmosphère.

Il faudra aussi lors du choix des plantations, porter une attention particulière aux risques d'allergie qu'elles peuvent entraîner par le pollen.

Le choix des végétaux

Les végétaux doivent être choisis en fonction de leur capacité d'adaptation au lieu (sol, température, humidité...), de leur taille et nature (arboré, tapissant, feuilles caduques...) mais avant tout en fonction du rôle à jouer (protection solaire en été mais brise-vent, captage en hiver...).



La végétation comme "paroi froide"

Comparativement à une paroi en "dur" qui s'échauffe au soleil, la paroi végétale joue le rôle d'une "paroi froide" très performante : la couleur et la texture du feuillage permettent une absorption du rayonnement solaire dont une partie (environ 30%) est évacuée par évapotranspiration. Ce phénomène fonctionne mieux avec les plantes à feuilles caduques.

Avec les plantes tapissantes, on bénéficie d'un avantage supplémentaire : la mise à l'ombre du mur.



Applications

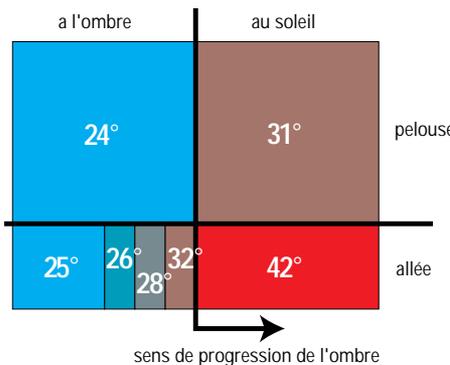
- haies,
- pergolas,
- pelouses,
- plantes tapissantes sur murs

Les végétaux développent une grande surface d'échange avec l'air environnant (feuilles, brins d'herbe) qui leur assure un refroidissement permanent. Des mesures en été sous un platane montrent que la température du feuillage est en général inférieure à celle relevée dans son environnement (air et surfaces minérales).

Ce refroidissement est encore accentué pour les pelouses, par rayonnement vers la "voûte céleste", qui leur permet ainsi de bénéficier du phénomène de rosée (c'est en été que l'air contient le maximum d'eau).



Différence de température, un jour d'été, d'une pelouse et d'un sol minéral, exposés au soleil et progressivement recouverts par une ombre portée. Au soleil, la différence de température est élevée (ici, d'environ 10°C).



A l'ombre, la différence est moindre mais le sol minéral, par effet d'inertie se refroidit plus lentement : sa température reste supérieure à celle de la pelouse.

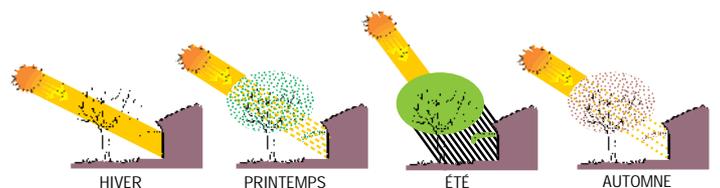
Températures de surface d'une pelouse et d'une allée minérale : progression d'un front d'ombre (source : Morphologie, végétal et microclimat urbains).



"Matériau de construction" vivant, le végétal doit faire partie du projet architectural ou urbain

Le végétal comme régulateur de microclimat urbain

Ses variations au cours de l'année sont adaptées aux exigences du confort thermique des bâtiments et des espaces extérieurs. Encore transparent au rayonnement solaire en début du printemps, un arbre à feuilles caduques (ou une treille) est opaque en été et en début d'automne.



BESOINS D'APPORTS SOLAIRES	HIVER	PRINTEMPS	ÉTÉ	AUTOMNE
BÂTIMENT	OUI	OUI	NON	NON
EXTÉRIEUR	OUI	OUI/NON	NON	NON
TRANSMIS À TRAVERS LA VÉGÉTATION À FEUILLAGE CADUC	OUI	OUI	NON	NON

● L'IMPLANTATION ET LA HAUTEUR DES BÂTIMENTS

LES ESPACES DE TRANSITION, DE CIRCULATION

L'implantation des bâtiments et leur hauteur sont avant tout dictées par les contraintes hivernales, afin d'optimiser le captage du soleil par les baies vitrées.

Implantation et ensoleillement

En climat méditerranéen, la pratique des espaces extérieurs est très recherchée compte tenu de la relative douceur du climat et du bon ensoleillement tout au long de l'année.

Les prolongements extérieurs doivent favoriser cet usage. Les terrasses avec pergolas, les loggias exposées au Sud sont confortables en mi-saison, et même en hiver ponctuellement.

Les terrasses exposées au Nord sont confortables en mi-saison et en été (hors heures chaudes de mi-journée). Ces prolongements, à exclure de l'exposition Ouest sont encore possibles en exposition Est, car ils deviennent confortables en fin d'après midi.

Les cours intérieures permettent la création de microclimats par un contrôle des ombrages, de l'humidité, de la ventilation...

Implantation et ventilation

La recherche de brise-vents végétaux ou minéraux contre les vents forts, pour les conditions climatiques d'hiver n'est pas incompatible avec l'aménagement d'espaces extérieurs confortables l'été : il faut que ceux-ci soient aménagés dans des espaces jouissant d'une certaine porosité où l'air doit pouvoir circuler librement. On évitera par exemple de placer les terrasses en situation de recoin, de trop les couvrir...

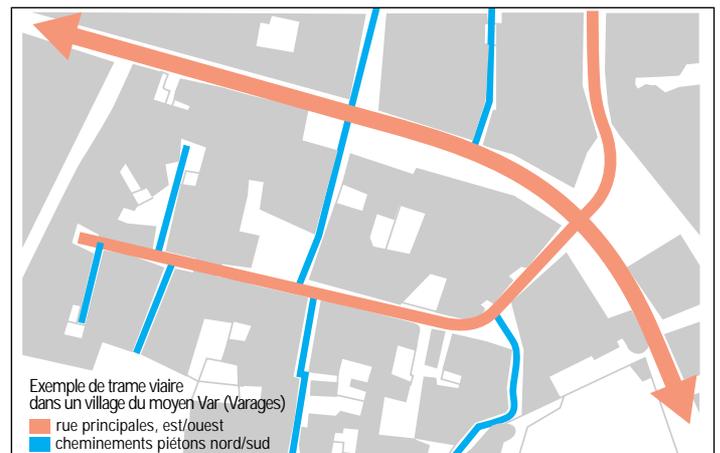
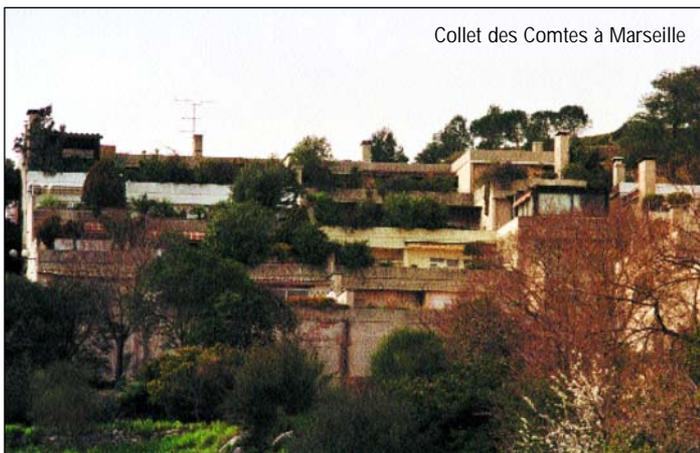
Implantation et espaces de circulation

Les circulations piétonnes sont à privilégier selon un axe Nord-Sud. Le bilan d'ensoleillement de ce type de cheminement est optimal vis-à-vis des contraintes hivernales et estivales.

En hiver, contrairement à une traverse Est-Ouest, toujours à l'ombre, son bilan d'ensoleillement est intéressant, particulièrement en milieu de journée.

En été, le soleil parcourt plus de 180° et son passage dans les voies de direction Sud est bref, à l'opposé des voies Est-Ouest où l'ombre dépend essentiellement de la hauteur des bâtiments, souvent insuffisante. Dans ces traverses piétonnières, les façades Est et Ouest en vis-à-vis se protègent mutuellement de l'ensoleillement, néfaste en temps normal pour ce type d'exposition.

En Provence, en dehors du couloir rhodanien, ces cheminements piétonniers garantissent une protection contre le mistral en hiver.



● L'UTILISATION DES ESPACES EXTÉRIEURS

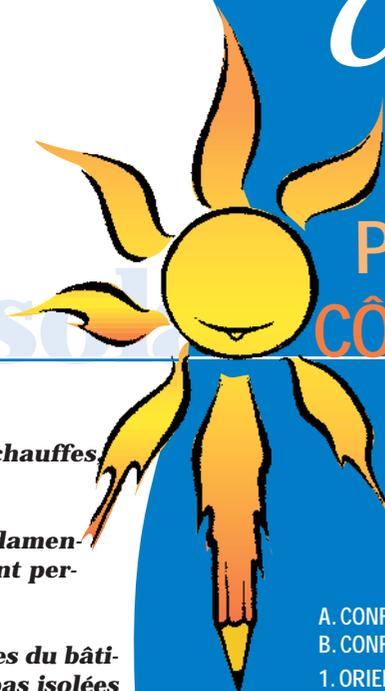
Le traitement des espaces extérieurs concerne également le traitement d'espaces de vie, d'occupation temporaire, proches du bâtiment, que l'on souhaite les plus confortables possibles (terrasses, patios...).

Les variations observées au cours de la journée, et dans l'espace, peuvent être "exploitées" et prises en compte lors de la conception.

En été, la pratique de ces espaces extérieurs varie selon l'évolu-

tion de leurs ambiances climatiques (ensoleillement et température principalement). L'utilisateur occupera préférentiellement les espaces au moment où ils seront les plus confortables (température, ombre, ventilation). On a pu ainsi définir la notion de "nomadisme" journalier.

En Provence, une terrasse non couverte est impraticable pendant la journée en période chaude, on peut cependant y dormir "à la belle étoile".



Protection solaire / isolation

LES ENJEUX

En été, un bâtiment mal protégé du soleil est le siège de surchauffes donc de conditions thermiques inconfortables.

La conception d'une protection solaire estivale efficace est fondamentale pour qu'un bâtiment soit thermiquement et énergétiquement performant.

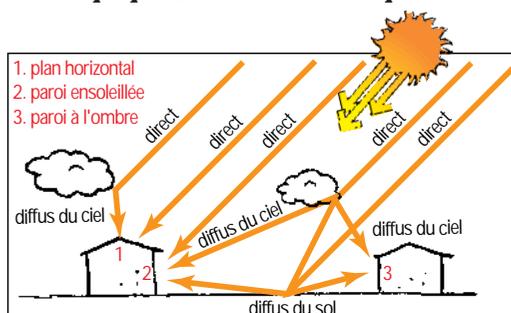
Cette protection solaire doit concerner toutes les parois extérieures du bâtiment, qu'elles soient transparentes ou opaques, si elles ne sont pas isolées thermiquement.

Elle doit répondre à une multiplicité d'objectifs :

- limiter les surchauffes
- limiter l'éblouissement
- doser l'éclairage naturel dans les pièces

Elle peut également contribuer à :

- l'occultation d'un local
- l'intimité des occupants
- l'esthétique de la façade.



l'ensoleillement sur les différents parois

- A. CONFORT D'ÉTÉ ET CLIMAT
B. CONFORT D'ÉTÉ ET RÉGLEMENTATION
1. ORIENTATION / IMPLANTATION
 2. TRAITEMENT DES ESPACES EXTÉRIEURS
 4. INERTIE THERMIQUE
 5. VENTILATION / RAFRAÎCHISSEMENT
 6. ÉCLAIRAGE NATUREL / ARTIFICIEL

FICHE 3. PROTECTION SOLAIRE / ISOLATION

PROTECTION SOLAIRE DES PAROIS TRANSPARENTES

La protection solaire des baies doit être conçue en fonction de leur orientation et peut être du type fixe ou mobile, extérieure ou intérieure. La combinaison de ces différents types sera recherchée pour une efficacité maximum.

LES PROTECTIONS EXTÉRIEURES :

Les protections extérieures sont de loin les plus efficaces en confort d'été parce qu'elles évitent l'effet de serre derrière le vitrage. Fixes ou mobiles, elles doivent être bien ventilées pour éviter un effet de radiateur nuisible au confort intérieur.

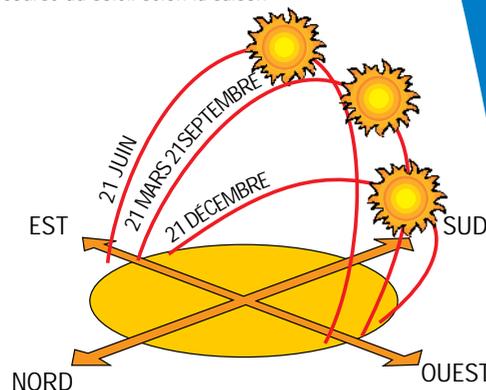
Les protections fixes posent souvent des problèmes d'emplacement et de dimensionnement quand elles ne sont pas associées à un autre type de protection : en effet, un brise-soleil fixe donne la même ombre le 21 septembre, alors qu'il fait encore chaud et le 21 mars alors qu'il fait souvent froid et que les apports solaires pourraient être utiles.

En outre, les masques et protections fixes sont généralement moins efficaces que les mobiles. Ils ont un effet moindre sur les rayonnements diffus et réfléchis, qui, pendant l'été, représentent jusqu'à 50% de l'irradiation solaire d'une façade.

Les protections mobiles

L'efficacité des protections mobiles de type stores est fonction à la fois de leur opacité et des possibilités de ventilation de l'espace entre la fenêtre et la protection.

course du soleil selon la saison



COMMENTAIRES :

N.R. T. : Nouvelle réglementation thermique (à paraître en 2000, Voir Fiche B).

Toute baie ou ensemble de baies accolées de plus de 0,5 m² devra être protégé des apports solaires par une protection mobile extérieure.

La protection des baies sera à adapter en fonction de plusieurs critères :

- Bâtiments non climatisés : respect d'une exigence de moyens d'inertie, de protection solaire et d'ouverture de baies pour limiter les températures excessives en saison chaude.
- Bâtiments climatisés : respect d'une exigence de limitation des apports solaires en saison chaude.



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)

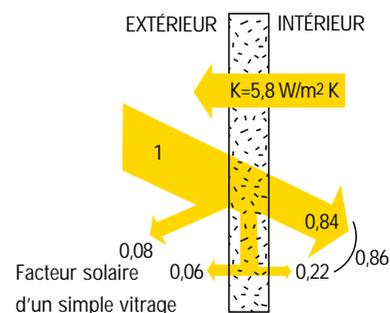
PERFORMANCE DES PARE-SOLEIL

La maîtrise du flux entrant s'apprécie par le facteur solaire (FS) de la baie munie de sa protection solaire.

Le facteur solaire est un coefficient définissant le rapport entre l'énergie solaire qui pénètre à l'intérieur d'un local par une fenêtre ou une paroi opaque et l'énergie solaire incidente sur cette même surface.

Le facteur solaire (FS) est un coefficient compris entre 0 et 1.

Une protection solaire pour être efficace doit avoir un facteur solaire (FS) $\leq 0,20$.



Pare-soleil extérieurs mobiles

Dans la N.R.T., le facteur de transmission solaire de la baie sera déterminé à partir des caractéristiques certifiées des protections mobiles placées à l'extérieur. Le facteur solaire pris en compte est celui de l'ensemble constitué de la protection extérieure et de sa partie vitrée (les protections intérieures ne sont pas prises en compte). Dans la période transitoire précédant l'approbation de la méthode, on adopte les valeurs indicatives de facteur de transmission solaire mentionnées dans le tableau ci-contre.

Type de protection extérieure mobile	F.S.
Volets et persiennes	0,10
Store vénitien extérieur à lames orientables	0,10
Store à enroulement vertical toile opaque	0,10
Store à enroulement vertical toile moyennement translucide	0,20
Store à enroulement vertical toile très translucide	0,35
Store entre deux parois vitrées	0,35
Store banne, à l'italienne, corbeille	0,40
Baie sans protection extérieure	0,72

N.R.T. : Valeurs indicatives du facteur solaire de protections extérieures mobiles

Pare-soleil extérieurs fixes

Efficacité selon la typologie, l'orientation et la période de l'année

“La casquette” est constituée d'une avancée au-dessus de la surface réceptrice : auvent, débord de toiture, balcon, ...

L'occultation au rayonnement direct est bonne l'été, de l'orientation Sud-Est à l'orientation Sud-Ouest. Elle est très faible à l'Est et à l'Ouest.

L'hiver, la casquette laisse passer le soleil quelle que soit l'orientation de la façade.

“Le flanc” est constitué par des plans verticaux placés à côté de la surface réceptrice.

L'occultation est quasiment constante (mais faible) toute l'année en orientation Sud.

Elle est assez forte à l'Est et à l'Ouest en hiver, ce qui n'est généralement pas souhaité, et quasi nulle en été.

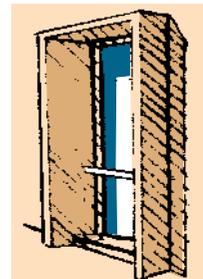
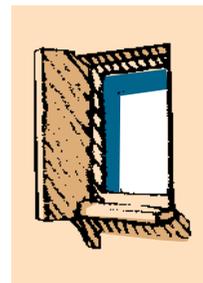
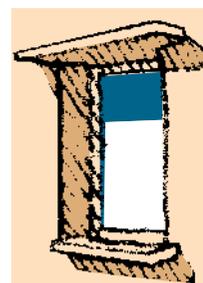
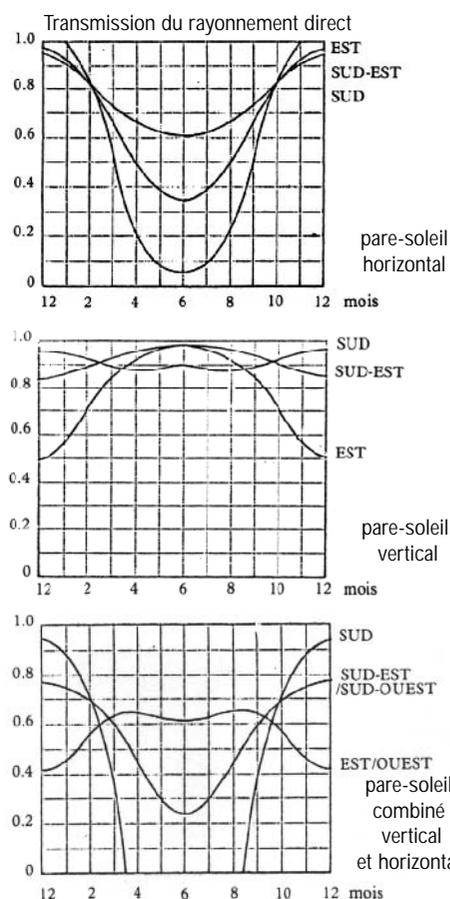
La “loggja” combine les pare-soleil horizontaux et verticaux.

La protection solaire est bonne l'été, du Sud-Est au Sud-Ouest.

Elle est moyenne toute l'année à l'Est et à l'Ouest.

Conclusion :

L'auvent et surtout la loggia constituent une excellente protection des vitrages S-E à S-O, qui maintient un ensoleillement satisfaisant l'hiver. Ils doivent être complétés par des protections mobiles en septembre car les apports solaires n'y sont généralement pas souhaités alors qu'ils le sont en mars.



COMPARAISON DE DIFFERENTS TYPES DE PROTECTIONS SOLAIRES EXTERIEURES

TYPE DE PROTECTION EFFICACITE et CARACTERISTIQUES	Brise-soleil à lames horizontales	Brise-soleil à lames verticales	Volet roulant ajouré	Store volet	Store toile	Volet à projection	Volet à la française	Treille végétale	Brise-soleil horizontal au vent	Brise-soleil à lames verticales	Avancée verticale flanc	
	MOBILES								FIXES			
PROTECTION SOLAIRE SUR FACADE	4	Est/Ouest : 4	3	4	2 à 3	3	3	3	S.Est S./S.Ouest : 3 Est et Ouest : 1	1	1	
OCCULTATION	2	2	4	4	2	3	PL = 4 PER = 2	2	1	0	0	
CONTROLE DE L'ECLAIRAGE NATUREL	4	4	2	4	3	3	PL = 2 PER = 3	0	0	0	0	
VENTILATION INTERIEURE	3	3	2	3	2	3	PL = 2 PER = 3	4	4 et 3	4	4	
RAYONNEMENT DIFFUS ET REFLECHI	3	3	3	3	2 à 3	2	PL = 2 PER = 3	2	1	1	0	
CONTROLE CONTRE L'INTRUSION	2	2	2	2	0	2	PL = 4 PER = 3	0	0	1 à 2	0	
DURABILITE	2	2	2	2	1	2	PL = 4 PER = 3	3	3 à 4	3 à 4	3 à 4	
COÛT	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$	\$\$\$	\$	\$\$	\$	\$	\$\$	\$\$	\$	
FACILITE DE MANŒUVRE	Manuel : 2 Auto : 4	Manuel : 2 Auto : 4	Manuel : 3 Auto : 4	Manuel : 3 Auto : 4	Manuel : 3 Auto : 4	3 project : 3	3	X	X	X	X	
RESISTANCE AU VENT	2	2	3	2	1	2	4	3	3	3	3	
POSSIBILITE D'AUTOMATISME	4	4	4	4	4	0	0	X	X	X	X	
APPLICATION LOGEMENT	1	1	4	4	2	4	4	4	4	0	3	
SCOLAIRE	3	3	3	3	4	2	1	1	4	3	3	
SPORTIF	3	3	3	1	1	0	0	1	4	3	3	
BUREAUX	4	4	3	4	4	1	1	1	4	3	3	
DIVERS	A EVITER par VENT très VIOLENT. FRAGILE et BRUYANT si trop légers						fragilité au vent	PL= PLEINS PER=PER- SIENNES	entretien régulier à assurer			à associer avec auvent horizontal

EFFICACITE : 0 nulle ; 1 faible ; 2 moyenne ; 3 bonne ; 4 très bonne - COÛT : de faible (\$) à important (\$\$\$\$)

EXEMPLE D'AIDE AU CHOIX DES PROTECTIONS SOLAIRES EN FONCTION DE L'ORIENTATION POUR DES LOCAUX SCOLAIRES

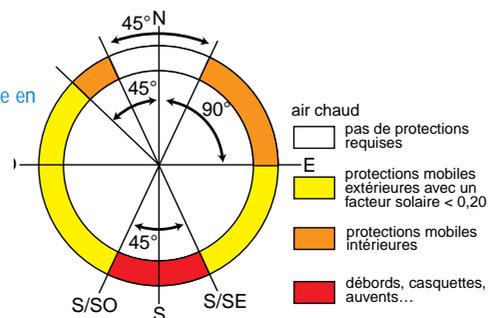
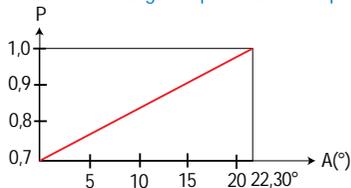
Le rapport : $P = \frac{\text{Portée du pare-soleil}}{\text{Différence de niveau entre le pare-soleil et le bas de la baie}}$

sera égal à, quelle que soit la latitude :

- 0,7 pour l'orientation S

- 1 pour les orientations S-SE et S-SO

- une valeur comprise entre 0,7 et 1 pour les orientations intermédiaires déterminées d'après la figure ci-contre en fonction de l'angle A que la direction perpendiculaire à la façade forme avec le sud.



LES PROTECTIONS INTÉRIEURES

Les protections intérieures type stores ou rideaux même opaques sont assez peu efficaces sur le plan thermique. En effet, lorsque le rayonnement solaire a traversé le vitrage, il se trouve partiellement piégé et chauffe l'air entre la vitre et la protection (effet de serre). Ces protections intérieures sont surtout utiles pour lutter contre l'éblouissement. Elles doivent être associées à des protections extérieures.

La couleur des protections intérieures opaques doit être claire pour gagner en efficacité.

Les volets intérieurs en bois, traditionnels en Provence, relativement isolants, présentent une assez bonne efficacité vis à vis des apports solaires.

LES VITRAGES

Lorsque le flux solaire et lumineux frappe une vitre, une partie est directement transmise à l'intérieur et l'autre est réfléchi vers l'extérieur.

La nature du vitrage a une influence sur la transmission énergétique du rayonnement solaire selon les caractéristiques suivantes :

- le nombre de feuilles de verre.
- le facteur de transmission de chaque feuille.
- le facteur de réflexion ou d'absorption.

Certains vitrages dits " anti-solaires " sont traités pour réfléchir le rayonnement solaire ou pour l'absorber ; dans les deux cas, il y a bien diminution de l'énergie transmise y compris sous forme lumineuse.

Des films réfléchissants peuvent être utilisés en rénovation, à encoller sur des vitrages existants.

Des vitrages " sandwich " à protection solaire incorporée de type microlames (par exemple KOOLSHADE) permettent d'obtenir un bon facteur solaire (0,21) mais avec une transmission lumineuse réduite (0,40).

En règle générale, la surface vitrée doit être limitée, mais de nouveaux types de vitrages permettent d'augmenter celle-ci sans dégrader le confort.

Les nouveaux matériaux d'isolation transparents présentent un coefficient de transmission thermique très faible et seront très utiles en hiver.

En revanche, ils sont de peu d'intérêt sur le confort d'été.

En confort d'été, le vitrage idéal serait celui qui présenterait un facteur de transmission énergétique allant en diminuant lorsque l'énergie solaire incidente augmente. Des produits expérimentaux devraient atteindre le stade industriel dans les prochaines années .



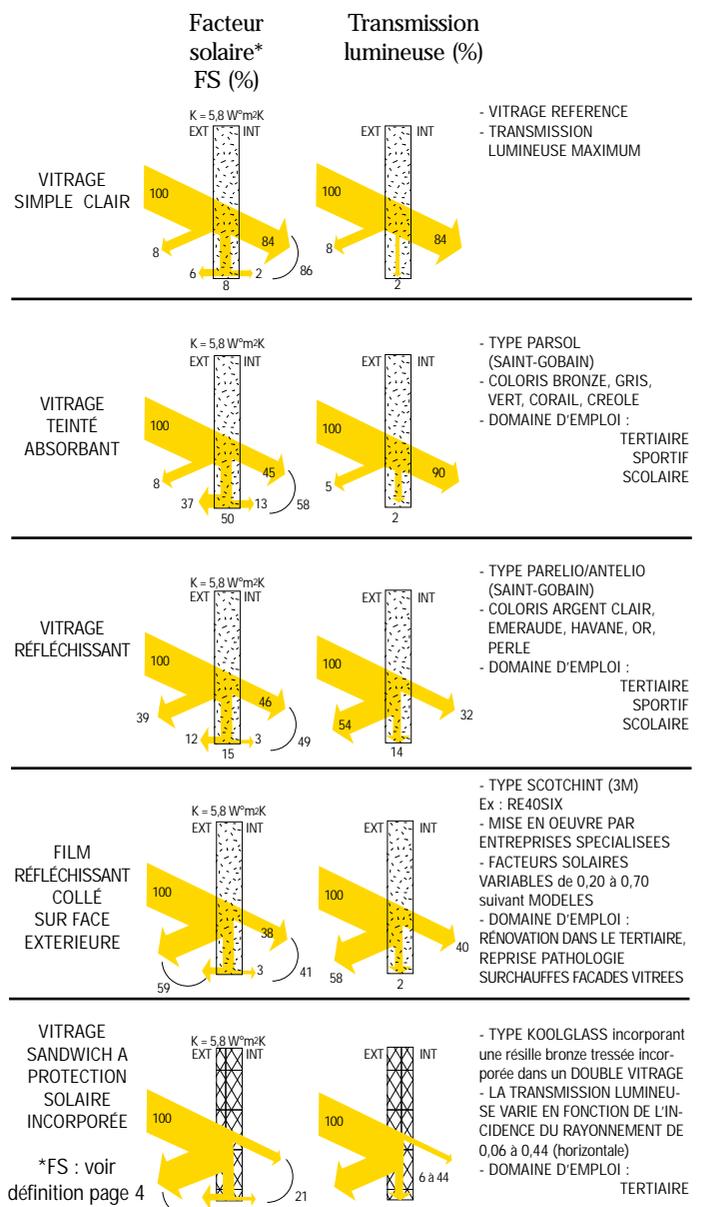
NOTA : Les vitrages "sélectifs" dont le facteur d'émission est réduit, que l'on peut choisir pour améliorer le bilan radiatif d'hiver, n'ont pas d'intérêt sur le bilan d'été, au contraire.

FACTEUR SOLAIRE D'UNE PROTECTION SOLAIRE INTERIEURE

TYPE DE PROTECTION A L'ARRIERE D'UN VITRAGE SIMPLE	COLORIS			
	SOMBRE	MOYEN	BLANC OU CLAIR	ALU POLI
STORE VENITIEN A LAMES	0.65	0.56	0.48	0.39
STORE RIDEAU (AMERICAIN)	0.70	0.53	0.35	
RIDEAU ISOLANT OPAQUE OU VOLET INTERIEUR	0.50	0.40	0.34	



COMMENTAIRES : La N.R.T. ne prend pas en compte les protections intérieures dans le calcul du facteur solaire.



- La perméabilité au soleil des enveloppes d'édifices. Un concept pour juger de leur qualité de confort d'été - Pierre Lavigne in actes de la conférence EPIC'98 - Lyon 19-21 novembre 1998
- Guide de l'énergie solaire passive - E. MAZRIA - Editions Parenthèses 1979
- Architectures d'été - J. L. Izard - Editions EDISUD 1993



PROTECTION SOLAIRE DES PAROIS OPAQUES

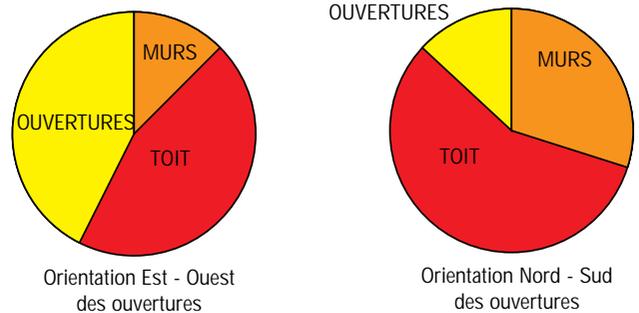
En été, les parois du bâtiment sont fortement sollicitées par le rayonnement solaire. Les apports solaires transmis à l'intérieur dépendent principalement des ouvertures, mais aussi des toitures et des murs.

Ce schéma montre la nécessité de choisir les actions à mener pour améliorer le confort thermique selon 2 principes :

- Tenir compte des caractéristiques de chaque élément du bâti :
 - ouvertures (vitrages)
 - toiture
 - murs

- Agir en priorité sur les éléments les plus exposés au soleil.

La toiture constitue la principale surface de l'enveloppe exposée au soleil, et son exposition dure toute la journée, contrairement à celles des surfaces verticales.



PROTECTION DES TOITURES

La durée d'exposition de la toiture et son importance relative l'amènent à être à l'origine d'une part importante des apports thermiques extérieurs (les apports à travers la toiture peuvent représenter un tiers à la moitié des apports totaux dans le cas d'un bâtiment d'un seul niveau).

Les locaux situés sous toiture sont donc toujours plus inconfortables que les locaux des autres niveaux en raison des apports supplémentaires parvenant par cette voie.

Il est donc prioritaire de réduire ces apports solaires, qui bien que moins apparents que ceux parvenant à travers les vitrages verticaux, sont quantitativement importants.

Plusieurs solutions permettent d'assurer une bonne protection :

Les toits " parasols " ou " surtoitures "

Cette solution n'est valable que si la surtoiture est fortement ventilée sur tout le périmètre suivant la formule

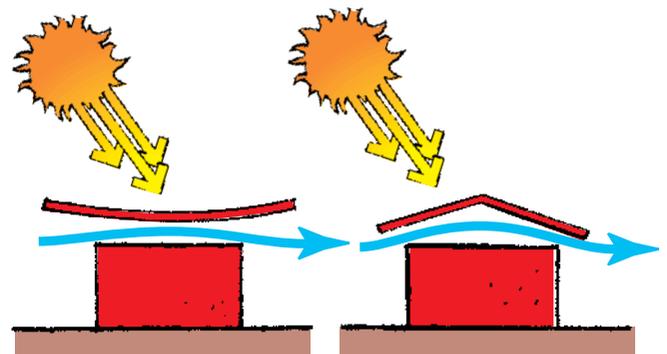
$$\frac{\text{Surface totale d'ouverture}}{\text{Surface de toiture}} > 0,15$$

- Avantage de la surtoiture
 - pas de surchauffe directe des plafonds
 - gain de plusieurs degrés en saison d'été (3 à 4°)
 - esthétique intéressante en architecture contemporaine.

- Inconvénients
 - surcoût
 - tenue au vent.
 - maintenance de l'espace ventilé (poussières, animaux,...).

Les toitures avec combles ventilés (toitures froides)

Les toitures avec combles fortement ventilés sont préférables. Les plafonds sont isolés thermiquement pour le confort d'hiver, l'isolant étant dans le comble pour conserver au maximum l'inertie intérieure.



PROTECTION DES MURS

Plusieurs types de traitement permettent une protection solaire efficace :

- Les masques architecturaux : traités dans la rubrique " Protection des ouvertures " de la présente fiche.
- Les masques végétaux : voir Fiche 2 "Traitement des espaces extérieurs".
- Les claustras doivent être fortement ventilés et de couleur claire pour être efficaces.
- L'isolation thermique des murs.

L'isolation par l'intérieur

Avantages :

Coût faible

Expression architecturale des murs porteurs.

Inconvénients :

Annule l'inertie thermique de la paroi isolée.

Demande un traitement particulier des ponts thermiques.

N'évite pas les chocs thermiques sur la maçonnerie.

L'isolation par l'extérieur

Elle constitue la meilleure isolation pour le confort d'été et d'hiver, car elle permet de conserver l'inertie thermique forte des murs intérieurs et supprime les ponts thermiques.

Les vêtues constituent une bonne manière de matérialiser cette solution.

Avantages :

Evite les chocs thermiques sur maçonnerie

Evite les ponts thermiques Eté comme Hiver

Permet de conserver l'inertie des murs intérieurs par stockage de fraîcheur en Eté et de chaleur en Hiver.

Inconvénients :

Coût supérieur à une isolation traditionnelle par l'intérieur

Fragilité des solutions économiques de type enduit mince sur polystyrène.

Nota : Les épaisseurs d'isolant préconisées par la réglementation thermique pour l'hiver sont très largement supérieures à celles nécessaires en confort d'été

TEINTES PASTEL

		
0,31 - 5228	0,39 - 5182	0,43 - 5009
		
0,37 - 5521	0,42 - 5207	0,42 - 5235
		
0,33 - 5260	0,37 - 5546	0,41 - 5529
		
0,38 - 5491	0,43 - 5509	0,42 - 5966
		
0,46 - 5806	0,48 - 5460	0,53 - 5055

TEINTES VIVES

		
0,46 - 5542	0,48 - 5543	0,59 - 5809
		
0,54 - 5472	0,60 - 5811	0,52 - 5518
		
0,65 - 5836	0,76 - 5839	0,60 - 5969
		
0,71 - 5770	0,68 - 5742	0,61 - 5422

0,46 = coefficient d'absorption lumineuse
5770 = référence du nuancier

COMPARAISON DES ENDUITS,
PEINTURES DE RAVALEMENT

Coefficients de luminance et d'absorption
Source : extrait guide des couleurs
édition Provence-Alpes-Côte d'Azur (LA SEIGNEURIE)

Les revêtements des murs : enduits, peinture

Un revêtement clair réfléchit une bonne partie du rayonnement solaire. C'est une bonne solution thermique et en même temps très économique.

Inertie thermique

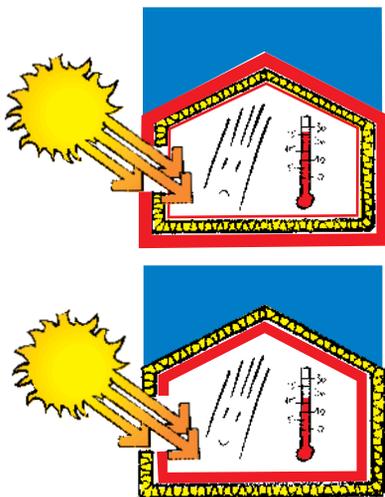
LES ENJEUX

L'enjeu principal consiste à limiter l'inconfort dû aux fortes variations de températures dans les bâtiments l'été, avec pour corollaire la possibilité de se passer de la climatisation.

Enjeux complémentaires :

- . réduire la puissance de climatisation là où elle reste nécessaire
- . réduire les consommations de chauffage grâce au stockage des apports solaires gratuits transmis par les vitrages en hiver.

AMORTIR LES VARIATIONS DE TEMPÉRATURE À L'INTÉRIEUR DES BÂTIMENTS



En été, diverses influences peuvent altérer le confort intérieur :

- La variation de température jour/nuit : la chaleur du jour et la fraîcheur de la nuit pénètrent dans le bâtiment à travers ses parois extérieures et par l'air introduit. En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, on observe des amplitudes moyennes sur le littoral (7 à 10°C) et fortes sur le reste de la région (12 à 15°C).
- Le rayonnement solaire : son action se fait principalement par les vitrages.
- La chaleur dégagée par les occupants, les appareils ménagers, l'éclairage électrique.
- Le vent qui agit sur la température extérieure et force la ventilation.
- Le mode d'occupation

Température et rayonnement présentent des maximums situés près de la mi-journée. Ils constituent des causes potentielles de fortes surchauffes dans le bâtiment au cours de l'après-midi.

Soumis aux fortes variations de températures entre le jour et la nuit dans le climat méditerranéen, un bâtiment amplifie ou amortit cette variation extérieure en fonction de ses caractéristiques, générant ainsi des températures intérieures plus ou moins stabilisées.

L'inertie thermique qui est la capacité des matériaux de construction et du mobilier à s'opposer aux fluctuations de température intérieures, permet de réduire les pointes de chaleur.

Les matériaux constituant le bâtiment stockent puis restituent

- . la chaleur excédentaire du jour
- . la fraîcheur de la nuit

On peut faire la comparaison avec un bassin d'orage qui régule le ruissellement : les excédents d'eau des pluies d'orage sont stockés, pour être restitués à la rivière en période plus sèche.



On distingue plusieurs formes d'inertie thermique :

- l'inertie quotidienne est utilisée pour caractériser l'amortissement de l'onde quotidienne de température, d'ensoleillement et autres apports gratuits, sur une période de 24h
- l'inertie séquentielle est utilisée pour caractériser l'amortissement de l'onde thermique due à une vague de chaleur en période de 12 jours.

La présente fiche technique fait référence à l'inertie quotidienne.



L'inertie en hiver ?

Les parois intérieures lourdes des pièces ensoleillées s'échauffent puis restituent lentement, dans la maison, la chaleur solaire qu'elles ont stockée. Outre une économie de chauffage, l'inertie des parois apporte une agréable sensation de confort puisqu'elles ne sont pas froides. A l'inverse, dans une maison légère, le rayonnement solaire ne peut être absorbé et provoque très rapidement des "surchauffes" de l'air intérieur (il n'y a donc ni économie, ni confort) tout en laissant la maison froide dès que le soleil a disparu.

FICHE 4. INERTIE THERMIQUE

- A. CONFORT D'ÉTÉ ET CLIMAT
- B. CONFORT D'ÉTÉ ET RÉGLEMENTATION
- 1. ORIENTATION / IMPLANTATION
- 2. TRAITEMENT DES ESPACES EXTÉRIEURS
- 3. PROTECTION SOLAIRE / ISOLATION
- 5. VENTILATION / RAFRAÎCHISSEMENT
- 6. ÉCLAIRAGE NATUREL / ARTIFICIEL



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)

L'INERTIE DANS LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE

La situation actuelle jusqu'en 1999 se caractérise par l'absence de contraintes concernant le confort d'été en général et l'inertie en particulier.

La Nouvelle Réglementation Thermique (N.R.T.) en cours d'élaboration imposera des solutions techniques pour garantir un confort d'été minimal. Celles-ci concernent principalement l'inertie, les protections solaires des baies vitrées et la ventilation. Ces solutions se déclineront selon la zone clima-

tique définie pour l'été, pondérée par l'altitude du site et l'exposition aux bruits.

Elle concernera aussi bien le secteur de l'habitat que celui du tertiaire neuf non climatisé.



Les fortes isolations qui répondent aux exigences de la réglementation d'hiver associées à d'importantes surfaces vitrées provoquent souvent des sinistres thermiques d'été.

LES PARAMÈTRES DÉTERMINANTS

• la chaleur spécifique des matériaux des parois :

C'est la quantité de chaleur qu'il faut fournir à l'unité de masse ou de volume pour voir sa température s'élever d'un degré.

Un matériau "stocke" d'autant plus d'énergie que sa chaleur spécifique est grande.

• la conductivité thermique des matériaux

C'est la propriété des matériaux à transmettre plus ou moins facilement de la chaleur d'un point à un autre de leur masse.

Un matériau "stocke" ou "déstocke" d'autant plus de chaleur en un temps donné que sa conductivité thermique est grande.

• la surface d'échange

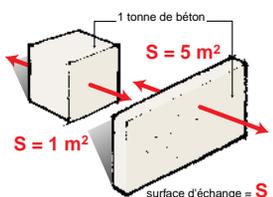
L'inertie d'une paroi dépend aussi de la surface d'échange.

Un mur de refend intérieur a deux fois plus de surface d'échange utile qu'une paroi en contact avec l'extérieur.

Les volumes compacts présentent une petite surface d'échange

Une bonne inertie associe les 3 caractères suivants :

- une forte capacité thermique (murs et planchers lourds en contact avec l'air intérieur)
- une conductivité élevée (murs en matériau "absorbant")
- une grande surface d'échange



Chaleur spécifique
kJ/m³.°C

laine de verre	130
béton cellulaire 500 kg/m³	325
brique creuse	680
béton	1400
plâtre	1500
bois	1600
acier	3900



conductivité thermique
W/m.°C

laine de verre	0,04
béton cellulaire 500 kg/m³	0,18
bois	0,23
enduit plâtre	0,35
béton	1,75
fer	72,00

Nota : par souci de simplification, nous avons préféré exprimer les températures en degré Celsius (°C) plutôt qu'en degré Kelvin (K)
1°C ≈ 1K

LES MOYENS CLASSIQUES DE L'INERTIE - LES ÉPAISSEURS UTILES

Les masses qui contribuent le plus efficacement à l'inertie thermique sont limitées à 150 kg de maçonnerie par mètre carré de surface d'échange.

L'enveloppe du bâtiment :

- dalle de rez de chaussée ou dalle sous toiture,
- mur isolé contre cloison lourde,

n'a qu'une face intérieure d'échange.

L'inertie est efficace jusqu'à 150 kg/m² de paroi soit 8 cm d'épaisseur de béton ou 10 cm de parpaings creux enduits

Les parois internes au bâtiment :

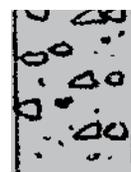
- mur intérieur de refend,
- cloison lourde,
- dalle intermédiaire,

ont deux faces intérieures d'échange

L'inertie est efficace jusqu'à 300 kg/m² de paroi soit 14 cm d'épaisseur de béton ou 20 cm de parpaings creux



les épaisseurs utiles pour l'inertie



Dans les locaux isolés par l'intérieur, l'inertie thermique pourra être assurée par les refends intérieurs pleins ou les dalles de béton;

Au dernier étage on préférera des plafonds lourds.

La très grosse inertie met en jeu des séquences temporelles qui se superposent :

l'inertie quotidienne qui mobilise jusqu'à 8 cm d'épaisseur,

l'inertie séquentielle (12 jours) qui concerne les premiers 20 cm,

l'inertie saisonnière (plusieurs mois) sollicite les grosses parois dans toute leur épaisseur.

INERTIE THERMIQUE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS D'UN BÂTIMENT D'HABITATION

L'inertie thermique est déterminée par la somme des points d'inertie des différentes composantes du bâtiment (murs, planchers, cloisons) et du mobilier. Les points d'inertie caractérisent l'amplitude du flux thermique par m² de plancher pour une variation intérieure de température de 1°C. Ils sont exprimés en W/m².°C

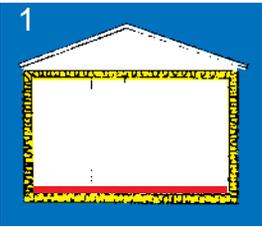
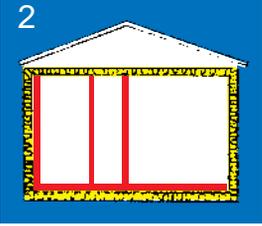
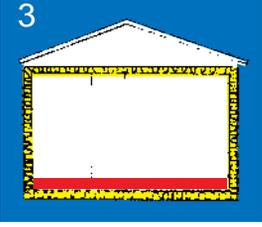
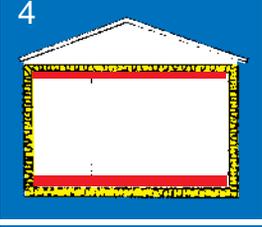
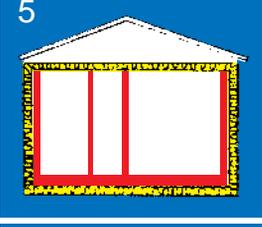
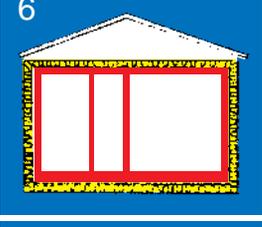
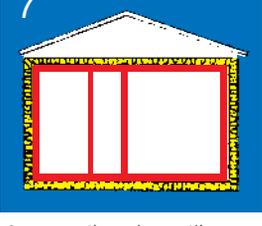
TYPE DE PAROI	DESCRIPTIF	TYPE DE LOGEMENT	POINTS D'INERTIE THERMIQUE
PLANCHER BAS	Plancher béton ≥ 15 cm sans isolant ou plancher isolé en sous face avec à l'intérieur au moins 7 cm de béton	Tous	6
	Plancher avec résilient	Tous	5
	Plancher bois	Tous	3
PLANCHER HAUT	Plancher béton ≥ 15 cm sans isolant ou plancher isolé par l'extérieur avec à l'intérieur au moins 7 cm de béton	Tous	6
	Isolation intérieure avec doublage 1 cm plâtre	Tous	1
SÉPARATIF	Béton plein (≥ 15cm) sans isolant ou béton 7 cm avec isolation autre face	Logement en pignon Autre	2 5
	Bloc creux béton 20 cm sans isolant	Logement en pignon	2
	Brique creuse 20 cm sans isolant	Autre	3
	Brique apparente perforée 22 cm		
	Doublage 1 cm plâtre	Tous	1
MUR DE FAÇADE ET DE PIGNON	Isolation extérieure avec à l'intérieur : béton plein (≥ 7cm) ou bloc creux béton (≥ 11 cm) ou brique pleine (≥ 10,5 cm) ou brique perforée (≥ 10,5 cm)	Maison individuelle isolée	5
		Logement en pignon	3
		Autre	2
	Isolation extérieure avec à l'intérieur : brique perforée (≥ 22 cm) ou isolation répartie avec blocs à perforation verticale (37 cm)	Maison individuelle isolée	4
		Logement en pignon	2
		Autre	1
Isolation intérieure : cloison brique creuse (5 cm)	Maison individuelle isolée Autre	3 1	
Isolation intérieure : doublage 1 cm plâtre	Maison individuelle isolée Autre	1 0	
CLOISON	Brique pleine ou perforée (10,5 cm)	Tous	6 (ou 4)*
	Brique creuse 5 cm plâtrée, ou carreau de plâtre plein 6cm ou bloc aggro béton 5 cm plâtré	Logement avec refend intérieur Autre	4 (ou 2) 3 (ou 2)
	Alvéolaire à parement de plâtre 1 cm sur chaque face	Logement avec refend intérieur Autre	3 1
MOBILIER	Forfait habitation	Tous	1

classe d'inertie	très légère	légère	moyenne	lourde	très lourde
total des points	6	7/8	9 à 12	13 à 18	19 à 26

* valeur entre parenthèses à utiliser si le logement possède peu de cloison (ratio au sol inférieur à 0,7)

source : le confort d'été, programmer et atteindre une performance thermique - le logement - CETE Méditerranée . CSTB

INFLUENCE DE LA MASSE THERMIQUE SUR LES CONSOMMATIONS ET LE CONFORT THERMIQUE D'ÉTÉ

	C = Carpentras N = Nice	Masse thermique utile ⁽¹⁾ kg/m ² habitable	Masse thermique totale kg/m ² habitable	Consommation annuelle (kWh)	Temps de surchauffe (t° > 27°C)/an	Quantification simplifiée de l'inertie thermique d'après le projet N.R.T. pour 7 systèmes constructifs	Inertie calcul par point
1 	C	37	133	6 800	849	Plancher bas : dalle flottante avec moquette	3
	N			4 350	897	Murs extérieurs : ossature bois, isolant intérieur, doublage plaque de plâtre Cloison : plaque de plâtre alvéolée Plafond : plaque de plâtre sous isolant Mobilier	1 1 1 1
Total							7
2 	C	178	360	6 530	615	Plancher bas : dalle flottante avec moquette	3
	N			3 900	635	Murs façade : ossature bois, isolant intérieur, doublage plaque de plâtre Pignon séparatif : béton banché, isolant extérieur Cloison : plaque de plâtre alvéolée + refend : bloc creux 15 cm, enduit deux faces Plafond : plaque de plâtre sous isolant Mobilier	0 2 3 1 1
Total							10
3 	C	187	432	5 970	533	Plancher bas : dalle 12 cm sur isolant + carrelage	6
	N			3520	556	Murs façade : blocs creux, isolant intérieur avec plaque de plâtre cartonné Cloison : plaque de plâtre alvéolée Plafond : plaque de plâtre Mobilier	1 1 1 1
Total							10
4 	C	326	805	5 950	445	Plancher bas : dalle 12 cm sur isolant + carrelage	6
	N			3 470	463	Murs façade : blocs creux, isolant intérieur avec plaque de plâtre cartonné Cloison : plaque de plâtre alvéolée Plafond : dalle béton 16 cm sous isolant Mobilier	1 1 6 1
Total							15
5 	C	334	579	5 920	389	Plancher bas : dalle 12 cm sur isolant + carrelage	6
	N			3 400	410	Murs façade : bloc creux, isolant intérieur, doublage par briques creuses 5 cm enduites Cloison : plâtre plein 5 cm et refend bloc creux 15 cm Plafond : plaque de plâtre sous isolant Mobilier	3 4 1 1
Total							15
6 	C	474	953	5 920	249	Plancher bas : dalle 12 cm sur isolant + carrelage	6
	N			3 400	266	Murs façade : bloc creux, isolant intérieur, doublage par briques creuses 5 cm enduites Cloison : plâtre plein 6 cm et refend bloc creux 15 cm Plafond : dalle béton 16 cm sous isolant Mobilier	3 4 6 1
Total							20
7 	C	539	1 196	6 060	176	Plancher bas : dalle 12 cm sur isolant + carrelage	6
	N			3 420	190	Murs façade : blocs creux, isolant extérieur Cloison : plâtre plein 6 cm et refend bloc creux 15 cm Plafond : dalle béton 16 cm sous isolant Mobilier	5 4 6 1
Total							22

1. masse thermique utile : masse thermique intérieure à l'isolation et limitée à 150kg/m² de surface d'échange.

Les valeurs de consommation ont été déterminées pour un logement de 83 m² et 208 m³, coefficient global de déperdition 1,03 W/m².°C

- Architecture climatique, une contribution au développement durable (tomes 1 et 2) - Pierre Lavigne - Edisud - 1994.1998
- Conception thermique de l'Habitat - SOL.A.I.R. - Edisud - 1988
- Projet de Nouvelle Réglementation Thermique
- Confort d'été, programmer et atteindre une performance thermique - CETE Méditerranée, CSTB (non disponible).



QUANTIFICATION DE L'INERTIE THERMIQUE D'APRÈS N.R.T.

L'inertie globale d'un bâtiment est constituée par l'addition des inerties des diverses parois constitutives. Elle exprime le flux de chaleur échangé par les parois du bâtiment avec son ambiance intérieure, par mètre carré de sol : $W/m^2 \cdot ^\circ C$ par m^2 .

Le projet de nouvelle réglementation distingue 5 classes d'inertie quotidienne I_q . (voir tableau)

La classe d'un bâtiment est déterminée à partir de ses éléments constructifs.

Nota : l'ancienne classification proposée par le CSTB faisant référence à la masse utile de matériaux par m^2 de sol : kg/m^2 de sol

très faible : inf. à 100

faible : 100 à 150

moyenne : 150 à 400

forte : sup. à 400

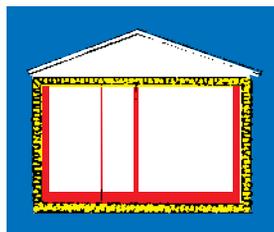
Cette grandeur ne permettait pas d'apprécier complètement l'influence de la surface d'échange, ainsi que celle de la résistance thermique des revêtements de sol. Par ailleurs, la progressivité des 4 classes n'était pas satisfaisante.

RECOMMANDATIONS POUR LA RÉGION PROVENCE - ALPES - CÔTE D'AZUR

Les inerties légères sont à proscrire en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, (sauf éventuellement en montagne).

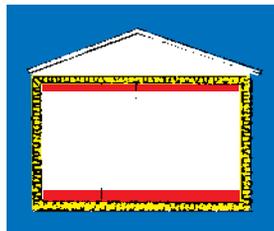
Plus l'inertie est importante, meilleur est le confort pendant la journée en été : il faut tendre vers l'inertie lourde ou très lourde.

La maison individuelle sur un seul niveau :



389 heures par an

Pour une inertie lourde
Solution 1 :
associer des refends, des cloisons intérieures (ou des contrecloisons sur les murs de l'enveloppe) maçonnées et un plancher haut ou bas lourd.



$T^>27^\circ C$

445 heures par an

Solution 2 :
associer deux planchers haut et bas lourds .
L'association des solutions 1 et 2 ou le rajout de l'isolation extérieure sur l'une des solutions permet d'obtenir l'inertie très lourde.

En revanche, les doublages et cloisons à base de plaques de plâtre associés à une seule dalle lourde procurent une inertie insuffisante.

L'inertie est encore plus utile lorsqu'elle est associée à de grands vitrages ensoleillés.

Surface vitrée moyenne : l'inertie lourde est bien adaptée

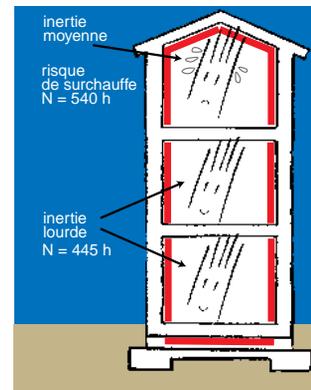
Surface vitrée forte (>10% de la surface de plancher) : l'inertie très lourde est nécessaire.

Bâtiment d'habitation à étages :

Au rez-de-chaussée et aux étages intermédiaires, l'inertie est généralement suffisante grâce aux planchers lourds.

Mais sous toiture, l'inertie doit être complétée.

soit par une dalle supérieure,
soit par des cloisons lourdes,
soit par l'isolation extérieure.



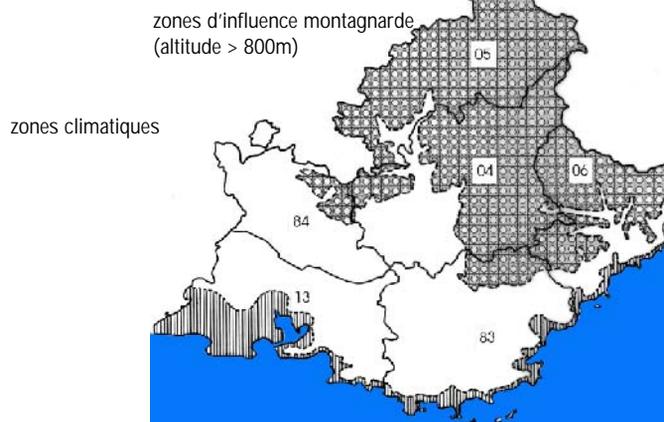
Risque de surchauffe - $T > 27^\circ C$

Habitation sur le littoral méditerranéen :

Sur le littoral, bien que l'amplitude de température entre le jour et la nuit soit plus faible qu'à l'intérieur des terres, une inertie moyenne ou lourde reste indispensable pour assurer le confort d'été.

Habitation en montagne et haute montagne :

En montagne où l'inconfort d'été n'existe pratiquement pas l'inertie peut sembler inutile. Une inertie moyenne ou lourde reste toutefois utile par rapport à la thermique d'hiver : associée à des surfaces vitrées orientées au sud, elle permet de stocker les apports solaires et de réduire les besoins de chauffage.



L'inertie thermique ça marche !

Une maison très inerte est, en été, trois fois moins souvent en surchauffe qu'une maison légère (faible inertie).

On constate du 15 Juin au 15 Septembre : 533 h de dépassement

du seuil de $27^\circ C$ à faible inertie, 176 h seulement avec une forte inertie.

Cette constatation est généralisable à tous les bâtiments construits en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, hors bande côtière et zone de montagne (environ plus de 800m d'altitude).

EN RÉNOVATION

Les constructions du XX^{ème} siècle, jusque dans les années 60, souffrent de l'absence d'isolation thermique, mais bénéficient parfois d'un confort d'été acceptable en raison d'une inertie lourde grâce aux murs, cloisons et planchers lourds.

Il faut prendre garde à ne pas détruire ce confort par une isolation intérieure de l'enveloppe, voire par la pose de faux plafonds



Le confort d'été dans les bâtiments anciens

Les vieilles bâtisses (mas provençaux, châteaux, églises...) aux maçonneries très épaisses (50cm ou plus) sont souvent très confortables l'été grâce à une très grosse inertie, mais souvent aussi grâce à la fai-

étanches pour réduire la hauteur des locaux, de moquettes épaisses, de revêtements bois, ou de contre-cloisons légères.

L'isolation par l'extérieur est généralement à favoriser, en prenant toutes les précautions utiles concernant la qualité du procédé et sa mise en œuvre.

blesse relative des surfaces vitrées et des apports thermiques internes.

En revanche, ces bâtiments sont souvent très inconfortables l'hiver, faute d'isolation thermique. Il faut donc se garder de chercher à reproduire de telles constructions, même si l'intérêt de l'inertie est à retenir.

DANS LES BUREAUX NON CLIMATISÉS ET LES BUREAUX RAFFRAÎCHIS

(raffraîchissement par système radiatif à faible charge thermique : plafond ou plancher rafraîchissant)

Les principales différences avec l'habitat concernent :

- l'occupation essentiellement diurne, avec une recherche d'une forte intermittence jour/nuit pour les installations de chauffage, peu compatible avec une inertie très lourde.
- le souci de conserver une souplesse d'aménagement et de cloisonnement des locaux, favorisant le recours à des cloisons légères.
- des apports thermiques internes (bureautique et éclairage) et externes (grands vitrages) importants.

Une inertie au moins "moyenne" est nécessaire pour espérer éviter

le recours à la climatisation, elle pourra être obtenue par un plancher bas associé à une ventilation du faux plafond accroché sous un plancher lourd.

Une moquette fine est envisageable à défaut de sol thermoplastique ou de carrelage.



L'inertie thermique est un facteur de minoration de la puissance frigorifique installée.

Elle doit être intégrée dans la gestion de l'intermittence tant pour le chauffage que la climatisation.

DANS LES SALLES DE CLASSE

Généralement non climatisés, ces locaux doivent être protégés contre les pics de température : l'inertie est un complément indispensable aux protections solaires des baies vitrées et à la ventilation nocturne.

Les planchers haut et bas doivent être lourds et les faux-plafonds ventilés (pour autant qu'ils ne participent pas à la protection contre les incendies entre deux niveaux).

L'INERTIE THERMIQUE ET LES AUTRES PARAMÈTRES

Le chauffage

L'inertie freine les évolutions de la température des locaux. L'hiver, elle contribue donc à la stabilité de l'ambiance, ce qui est généralement souhaité.

Dans les locaux à occupation discontinue, comme les écoles ou les bureaux, l'inertie oblige à anticiper sur les horaires de mise en route et d'arrêt du chauffage. Sous réserve d'une programmation de qualité, ceci est sans incidence notable sur les consommations.



A noter :

le système de chauffage doit toujours être moins inerte que le bâtiment.

La ventilation nocturne

La ventilation nocturne destinée à rafraîchir les locaux est indissociable de l'inertie puisqu'elle évacue la chaleur stockée le jour par les parois lourdes.

Un bâtiment inerte doit être ventilé la nuit, même si l'efficacité apparente (chute de température) de la ventilation est moins spectaculaire que dans un bâtiment léger.

Les protections solaires

La réduction des apports solaires est une priorité quelle que soit l'inertie du bâtiment considéré. Pour les locaux à occupation permanente ou diurne, les inerties fortes sont d'autant plus nécessaires que les protections solaires sont incomplètes.

Ventilation et rafraîchissement

LES ENJEUX

En période chaude, on peut obtenir le confort thermique à l'intérieur des bâtiments :

- soit par des procédés naturels lorsque le bâtiment et son usage s'y prêtent

- soit par des procédés artificiels plus ou moins sophistiqués.

Une bonne conception suffit en général pour apporter un confort satisfaisant en été dans les bâtiments. La ventilation est alors un moyen efficace et très économique pour améliorer les conditions de confort pendant les périodes les plus chaudes.

Dans les immeubles de bureaux, utilisés seulement le jour et difficiles à ventiler la nuit, les appareils de bureautique apportent des dégagements de chaleur permanents ; il sera parfois nécessaire de recourir à des systèmes de rafraîchissement ou de climatisation. (voir paragraphe "les bureaux").

- 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
 6. ÉCLAIRAGE NATUREL / ARTIFICIEL

FICHE 5. VENTILATION / RAFRAÎCHISSEMENT

LES MOYENS DE RAFRAÎCHISSEMENT

Pour qu'un rafraîchissement soit efficace, et/ou économe, le bâtiment doit être bien protégé et bien utilisé grâce à :

- une bonne isolation thermique des toitures,
- des protections solaires, fixes ou mobiles, efficaces (casquettes, végétation saisonnière, stores, volets, etc ...),
- ouvrants (portes et fenêtres) maintenus fermés pendant les heures chaudes.

RAFRAÎCHISSEMENT	MOYENS	COMMENTAIRES
Ventilation naturelle	<ul style="list-style-type: none"> • aération permanente • ventilation nocturne 	<ul style="list-style-type: none"> • en zone côtière uniquement • quand l'air extérieur est plus frais que l'air intérieur
Ventilation mécanique simple	<ul style="list-style-type: none"> • brassage de l'air (ventilateur de table, de plafond, sur pied, ...) • V.M.C. (ventilation mécanique contrôlée) avec dispositif d'arrêt, pendant les heures chaudes d'été sauf besoins hygiéniques • surventilation nocturne d'été (sauf pour locaux de sommeil) 	<ul style="list-style-type: none"> • favorise les pertes de chaleur du corps (sans modifier la température de l'air) • horloge et éventuellement thermostat différentiel comparant les températures intérieure et extérieure • bénéfique à partir de 4 vol/h d'air neuf de 22 h à 9 h
Ventilation mécanique rafraîchie	<ul style="list-style-type: none"> • humidification de l'air • VMC double flux avec air neuf rafraîchi par groupe de froid 	<ul style="list-style-type: none"> • rafraîchit l'air introduit en période sèche
Artificiel	<ul style="list-style-type: none"> • groupe de froid associé à une <ul style="list-style-type: none"> - surface rayonnante froide (plancher ou plafond) - diffusion lente d'air froid (déplacement d'air, poutre froide) • climatiseurs - sans traitement de l'humidité - avec traitement de l'humidité • aération permanente 	<p>"climatisation douce", dont certains composants peuvent être communs avec le chauffage</p> <p>terme utilisé:</p> <ul style="list-style-type: none"> - "rafraîchissement" - "conditionnement d'air"



Paramètres déterminants du confort

- pour tous les bâtiments

- . protections solaires
- . isolation thermique

- pour les bâtiments non climatisés

- . inertie
- . ventilation intérieure
- . ventilation traversante (possibilités d'ouvrir les fenêtres en dehors des heures chaudes)

- pour les bâtiments climatisés

- . séparation des ambiances intérieure et extérieure (vitrages non ouvrants)



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](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)

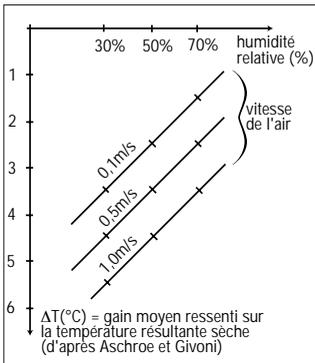
LA VENTILATION D'ÉTÉ

1. LES MOYENS

La ventilation peut être

- naturelle volontaire lorsqu'on ouvre les fenêtres et éventuellement les portes extérieures,
- naturelle permanente, par conduits verticaux (conduits "shunts" en immeubles),
- mécanique, par ventilateurs,
- mécanique contrôlée (VMC) lorsqu'elle est assurée par un caisson motorisé qui rejette à l'extérieur l'air extrait du logement.

Il faut noter que les systèmes à ventilation permanente présentent l'inconvénient d'apporter de la chaleur pendant les heures chaudes de la journée.



Effet instantané de la ventilation (ressenti physiologique)

vitesse de l'air
 - 0,2 m/s = seuil de perception du courant d'air
 - 1,0 m/s = vitesse maximale sans gêne (pas d'envol de feuilles de papier)

Exemple : avec une humidité de 50% un courant d'air de 0,5 m/s donne une sensation d'abaissement de la température de 3,5° (sans que la température de l'air ait changé pour autant).

Climat d'été	Humidité	Températures		Aération	
		maximum	amplitude	jour	nuit
Montagne	faible	modéré	forte	faible	oui
Zone intermédiaire	faible	fort	forte	non	oui
Zone côtière forte	forte	fort	moyenne	souhaitable	oui

2. STRATÉGIES D'AMÉLIORATION DU CONFORT

En été on distingue deux types de ventilation bénéfiques.

a) Le brassage de l'air intérieur à l'aide de ventilateurs.

Le mouvement de l'air améliore le confort physiologique car il accroît les échanges thermiques entre le corps et l'air ambiant par convection et par évaporation de la sueur.

b) La ventilation nocturne

Dans les climats à écarts de température jour-nuit suffisants, un rafraîchissement peut être apporté par la ventilation nocturne, naturelle ou artificielle, et cela dès que l'air extérieur est plus frais que l'air intérieur. (Ce procédé est couramment appelé "free-cooling" en climatisation). Ce refroidissement concerne la masse interne des bâtiments, c'est-à-dire principalement la partie de maçonnerie intérieure à l'isolation thermique ; il apporte un confort pendant la journée qui suit la nuit de ventilation, si le bâtiment dispose d'une inertie thermique suffisante.

2. QUAND FAUT-IL VENTILER ?

Pendant les journées de fortes chaleurs, la ventilation nocturne d'été est utile presque partout en Provence et surtout efficace dans les bâtiments à forte inertie et qui ont deux façades opposées pour favoriser la ventilation naturelle traversante.

On peut la pratiquer de 21h à 9h du matin, généralement de la mi-juin à la mi-août en Provence.

Cas particulier : les zones littorales humides ; l'air chargé d'humidité monte moins en température, la ventilation, naturelle ou mécanique, pourra alors être assurée en quasi permanence, par l'air extérieur introduit.

LA RÉGLEMENTATION EN MATIÈRE DE RENOUVELLEMENT D'AIR

• Jusqu'en 1999, les réglementations thermiques se sont surtout intéressées aux conditions d'hiver.

Objectif : maintenir la qualité de l'air dans les locaux fermés et chauffés

- apport d'oxygène pour les occupants
- évacuation des polluants, des poussières, des odeurs
- évacuation de l'humidité produite par l'occupation
- apport d'oxygène pour les appareils de combustion lorsqu'ils sont situés dans le volume occupé.

• La "Nouvelle Réglementation Thermique" ("N.R.T.") prend aussi en compte la construction du point de vue de la saison estivale :

- elle cherche à limiter l'inconfort d'été
- elle rapproche le confort thermique et le confort acoustique en imposant la VMC dans les zones trop bruyantes pour ouvrir les fenêtres.
- elle vise à maîtriser les consommations de climatisation.

En résumé, cette nouvelle réglementation impose :

	Bâtiment non climatisé	Bâtiment climatisé
Exigences	• limitation des températures excessives	•
	• limitation des consommations	•
Moyens	• maîtrise des apports solaires - ratio de protection solaire	•
	• maîtrise des apports lumineux - favoriser l'éclairage naturel ⁽¹⁾	•
	• maîtrise de la ventilation	
	a) ventilation naturelle - ouverture des baies la nuit	•
	b) VMC, si le bruit extérieur ne permet pas d'ouvrir les baies	•
	c) compléments recommandés pour installations de ventilation (chauffage et/ou climatisation)	
	- contacts de feuillures	•
	- fermeture automatique des portes du bâtiment	•
	- free cooling ⁽²⁾ , ou surventilation nocturne	•
	- rendement des équipements + calorifuge + régulation de distribution + régulation d'émission	•
	+ programmation + suivi des consommations (contrats d'entretien)	•

1. le concepteur (architecte et thermicien) aura à trouver un bon compromis entre éclairage naturel suffisant et protection solaire des vitrages.

2. free cooling : voir définition au § "stratégie d'amélioration du confort" ci-dessus.

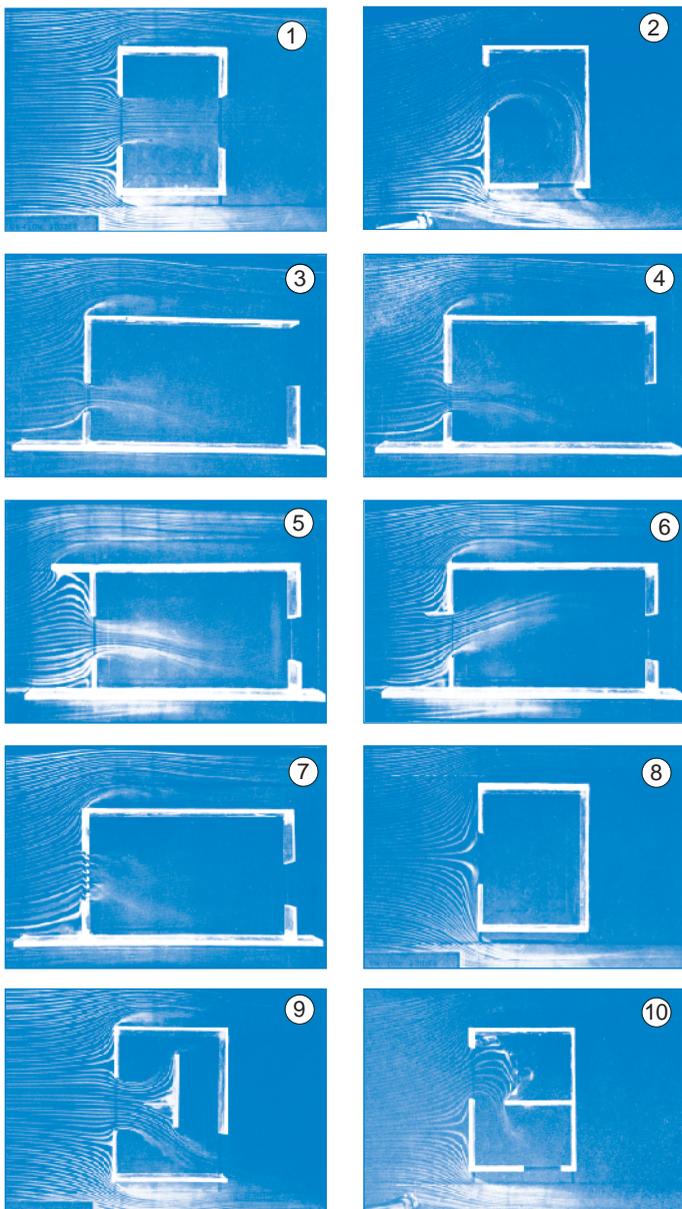
FACTEURS INFLUANT SUR LA VENTILATION NATURELLE

a) **L'environnement** lointain (montagne, côte marine, accidents des reliefs, vallées, villes ...) ou proche (bâtiments voisins, murs de protection, ...) modifie le régime des vents.

b) La végétation

Elle procure de l'ombre, mais aussi influe sur les mouvements des masses d'air qu'elle permet de déplacer, canaliser, accélérer ou ralentir.

Nota : les toitures terrasses plantées ont aussi un effet bienfaisant quand elles sont humidifiées (pluie, arrosage ...); l'évaporation crée du froid qui reste "stocké" dans la masse de terre.



Modification du flux d'air en fonction des ouvertures et du cloisonnement

c) LES DIMENSIONS, POSITIONS ET FORMES DES OUVERTURES

(d'après V. OLGAY)

Il convient bien sûr d'avoir au moins une entrée et une sortie d'air.

En logement surtout, l'essentiel est que :

- les ouvertures soient situées sur des façades opposées pour favoriser une ventilation traversante (1),
- le cloisonnement intérieur soit tel qu'il permette la libre circulation de l'air d'une façade à l'autre (1 et 2).

Remarques

- les baies coulissantes permettent de doser le débit de l'air sans modifier l'écoulement
- les moustiquaires réduisent un peu le débit de l'air ; mais elles restent quand même souvent indispensables
- les auvents, balcons ... peuvent modifier nettement l'écoulement d'air intérieur
- la surventilation des combles est conseillée, à condition de pouvoir la réduire en hiver.

Influence de la hauteur des ouvertures et des auvents

3 et 4 : quelle que soit la position de la sortie d'air (en haut, au milieu ou en bas du mur), le flux intérieur est dirigé vers le bas si l'entrée est en position basse. La ventilation est alors efficace.

5 et 6 : les avancées de toiture et pare-soleil modifient l'importance et la direction du mouvement d'air. Une avancée assez haute augmente le flux sans modifier sa direction. Un pare-soleil horizontal juste au-dessus de la fenêtre dirige le flux vers le plafond et diminue l'efficacité de la ventilation.

7 : les fenêtres pivotantes et fenêtres à lames mobiles doivent être placées de façon à orienter l'air vers le bas de la pièce.

Quelques configurations à éviter

8 - Avec seulement une ouverture du côté exposé au vent, il y a peu de mouvement d'air à l'intérieur.

9 - Cloisonnement coupant le flux : perturbations. La pièce fermée n'est pas ventilée, l'autre l'est très faiblement.

10 - Cloison perpendiculaire au flux principal : altération importante, mauvaise efficacité de la ventilation.

En conclusion :

Par sa conception la ventilation naturelle doit :

- préserver l'intimité des occupants,
- les préserver des nuisances sonores de l'environnement,
- conserver la protection anti-effraction des ouvertures.

La ventilation naturelle est un moyen simple et efficace de rafraîchissement des locaux lorsqu'elle est pratiquée judicieusement. Elle produira, par contre, des surchauffes très inconfortables si elle est utilisée à contre-sens.

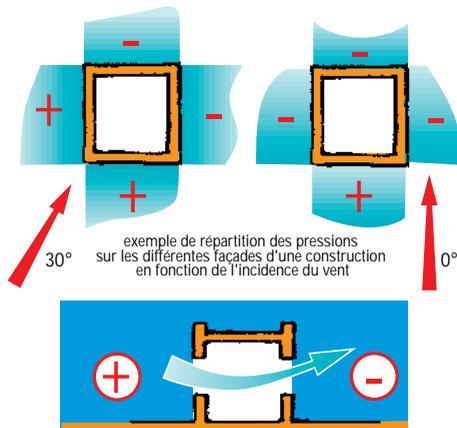
Nota : ces caractéristiques sont moins importantes pour des bureaux qui ne sont utilisés que le jour.

Il est toutefois possible de les rafraîchir par ventilation nocturne à condition de prévoir des systèmes adéquats (volets manuels ou mécanisés, ...).

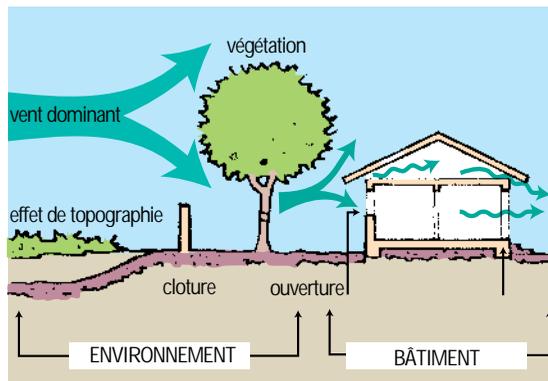
LA VENTILATION NATURELLE

C'est la différence de pression entre deux points qui provoque le mouvement de l'air. On distingue deux types de causes :

- thermiques : l'air chaud, plus léger, s'élève, provoquant un appel d'air plus froid.
- mécaniques : le vent crée des zones de surpression qui favorisent les mouve-



L'architecture et l'aménagement des espaces extérieurs peuvent permettre d'utiliser au mieux ou de favoriser cette ventilation.



Moyens architecturaux appropriés :

	Zone côtière	Zone intermédiaire
- Double exposition et traitement différencié des façades	oui	oui
- Ouvrants et volets (persiennes) adaptés	oui	oui
- Cheminée thermique (tirage d'air par le toit)	efficace le jour	non

RAFRAÎCHISSEMENT PAR VENTILATION NOCTURNE

L'air de la nuit, toujours plus frais que le local ventilé, permet d'évacuer la chaleur emmagasinée le jour, en se réchauffant au cours de la traversée du local.

Cette ventilation pourra se faire par des moyens mécaniques (extracteur, VMC) ou par des procédés architecturaux (ventilation traversante, verticale ou horizontale). Elle devra être adaptée à la quantité de chaleur à évacuer.

VMC de logement

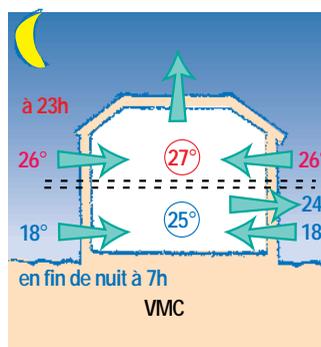
Une bouche classique de 30 m³/h évacuera environ 0,4 kWh dans la nuit, ce qui s'avère donc très insuffisant pour compenser la chaleur transmise par 1 m² (*) de vitrage non protégé, mais utile pour limiter l'échauffement d'un bâtiment bien protégé.

Ventilation naturelle traversante

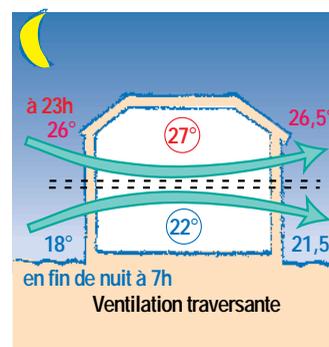
L'ouverture des fenêtres permet un renouvellement d'air de 10 volumes ou plus par heure. Elle assure un véritable rafraîchissement. Ainsi, un bâtiment moyennement inerte, bien protégé du soleil, gardera des températures confortables toute la journée.

* Apports solaires par 1 m² de double vitrage non protégé du soleil en juillet, à Carpentras :

- 1 m² au Sud transmet 1,7 kWh par jour, principalement en milieu de journée
- 1 m² à l'Ouest transmet 2,8 kWh par jour, principalement en cours d'après-midi



L'abaissement de la température du local est faible.



L'abaissement de la température du local est fort.

NOTA : valeurs données à titre indicatif

Abaissement moyen de la température quotidienne obtenu avec une ventilation de 10 volumes/heure dans un bâtiment d'inertie moyenne (en °C)

- avec la ventilation nocturne	
EMBRUN	3,5 à 5,5
CARPENTRAS	3,5 à 5,0
NICE	2,5
- avec l'aération permanente (zone côtière exclusivement)	
NICE	2,7

Source SOLA.I.R.



Inconforts liés à une mauvaise ventilation

a/ Serres, vérandas, atriums

Ils doivent impérativement être très largement ouverts en été, y compris et surtout dans leurs parties hautes, faute de quoi on observe des surchauffes qui peuvent rendre inhabitables les locaux mitoyens. Les cloisons entre serre et local adossé doivent être impérativement fermées pendant les heures froides d'hiver et les heures chaudes d'été.

b/ Combles

Ils sont à surventiler en été.

Toutefois, il faut équiper les orifices de ventilation avec des grillages anti-animaux. Il est par ailleurs recommandé d'obturer la majeure partie de ces orifices en hiver.

c/ Ouvertures de baies

Pour éviter des vitesses d'air excessives, il est bon de pouvoir doser les ouvertures : ouvrants coulissants, volets roulants, etc ...

d/ Remplacement des menuiseries anciennes

Il est courant de remplacer des menuiseries anciennes par de nouvelles plus étanches. Il est alors impératif de repenser en même temps l'aération avec mise en place de prises d'air sur l'extérieur.

- *Conception thermique de l'habitat : guide pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. SOL.A.I.R. - Edisud*
- *Guide d'aide à la rénovation bioclimatique. Architecture et climat-Université de Louvain (1996)*
- *Bioclimatisme en zone tropicale : construire avec le climat - Ministère de la coopération - Dossiers "Techniques et Développement du GRET.*
- *La climatisation dans les bureaux en Provence-Alpes-Côte d'Azur - ARENE, 1998*
- *Fiches Météo France : "Les Vents en Méditerranée"*
"Provence Alpes Côte d'Azur : Aspects climatiques"
- *Designe with climate : Bioclimatic approach to Architectural Regionalism, by Victor OLGAY. Princeton University Press.*



LA VENTILATION MÉCANIQUE

Elle est utile lorsque la ventilation naturelle est difficile à mettre en œuvre ou non souhaitable.

a/ **Le brassage de l'air** à l'aide de ventilateurs s'avère particulièrement utile pendant les heures chaudes de la journée en mettant l'air intérieur en mouvement sans introduire l'air extérieur surchauffé. Ils assurent un mouvement d'air régulier et contrôlable en direction.

Les ventilateurs au plafond sont utilisables dans les pièces d'au moins 4m sur 4m, et hautes de plafond. Ces ventilateurs, larges, brassent l'air avec une vitesse de rotation lente, et donc avec peu de bruit. La distribution de la ventilation se fait sur toute la pièce, du centre vers les murs.

Les ventilateurs directionnels (portatifs ou muraux) sont un moyen palliatif mais souvent appréciable pendant les très chaudes journées. Ils ne nécessitent pas une grande hauteur de plafond. Le diamètre des pales est plus petit, le jet est directionnel. Pour améliorer le confort, on leur donne un mouvement de "balayage" à l'intérieur de la pièce.

Les ventilateurs portatifs sont utiles car facilement transportables, ils peuvent toutefois provoquer une gêne car ils tournent plus vite que les ventilateurs de plafond.

b/ La V.M.C. (Ventilation Mécanique Contrôlée)

Elle est de plus en plus installée dans les bâtiments neufs car elle est d'abord utile en hiver. Elle apporte alors :

- la qualité hygiénique de l'air extérieur par renouvellement d'air
- des économies d'énergie car le taux de renouvellement d'air est minimum
- l'assainissement continu des logements ; en ce sens elle apporte une réponse aux problèmes posés par les constructions actuelles très étanches à l'air
- une protection acoustique des logements situés dans des zones

bruyantes (bords d'autoroutes, etc ...) où il est pénible d'ouvrir les fenêtres.

En été, elle s'avère utile aussi en assurant la ventilation hygiénique minimale lorsqu'on ne peut ouvrir les fenêtres :

- pendant les heures les plus chaudes

- ou dans les lieux trop bruyants

mais les débits d'air en jeu sont très insuffisants pour apporter un rafraîchissement efficace lorsqu'elle fonctionne la nuit.

c/ Le puits provençal, variante du puits canadien

Le puits canadien a pour objectif de réchauffer l'air neuf en hiver, le provençal celui de le rafraîchir en été.

Il exploite l'inertie du sous-sol qui reste tempérée tout l'été. Sous l'action d'un ventilateur, l'air neuf pris à l'extérieur, traverse des gaines enterrées entre 1 et 2 m de profondeur et peut être ainsi un peu rafraîchi avant de pénétrer dans la maison.

Les résultats obtenus par un puits provençal sont fonction de divers paramètres : longueur de canalisation enterrée, coefficient d'échange des canalisations, diamètres des tubes, débits... Peu d'éléments permettent de dimensionner précisément ce type d'installation. Pour une maison individuelle, on utilise généralement une vingtaine de mètres de canalisation.

De meilleures performances, toujours modestes, pourront être obtenues avec une régulation de jour et une régénération du puits la nuit en le faisant traverser par l'air extérieur plus frais.

Les débits courants moyens (exprimés en "volume de local ventilé par heure")

- ventilation naturelle moyenne	1 vol/h
- ventilation naturelle nocturne	10 vol/h au moins avec fenêtres ouvertes
- VMC moyenne (en habitat)	0,5 vol/h
- surventilation mécanique en air neuf	2 à 4 vol/h

(surtout en bâtiments tertiaires)

LA VENTILATION DANS LES BUREAUX

Que les bureaux soient climatisés ou non, on évitera d'ouvrir les fenêtres pendant la journée :

- pour ne pas faire pénétrer l'air extérieur chaud
- pour une raison évidente d'économie d'énergie si la climatisation fonctionne.

On pratiquera, quand c'est possible, la ventilation nocturne, ou même une surventilation nocturne si les équipements techniques le permettent. Dans tous les cas, on veillera à utiliser les protections solaires et à limiter les charges internes.

LA VENTILATION DANS LES SALLES DE CLASSE

Les salles de classe ne sont généralement pas climatisées, mais ont des besoins de renouvellement d'air relativement importants du fait de leur forte occupation.

On cherchera à réduire cette ventilation au strict besoin en hiver pour limiter la consommation d'énergie et en été pour limiter l'introduction d'air extérieur pendant les heures les plus chaudes.

Dès lors, en été :

- ne ventiler les classes que pendant les heures d'occupation et arrêter notamment entre 12 et 14 heures.
- réduire le débit au tiers pendant les heures les plus chaudes

- pratiquer la surventilation nocturne commandée par thermostat différentiel (différence de 4°C au moins). Bien sûr, cette surventilation sera d'autant plus efficace que la construction sera thermiquement "inerte".

La ventilation double flux permet d'assurer un renouvellement d'air réglementaire en limitant les pertes de chaleur en hiver et les apports externes en été.

Nota : en pratique, on se limite à deux vitesses de ventilation. Le concepteur veillera à ce que l'installation reste équilibrée pour les deux vitesses.

LES MOYENS TECHNIQUES DU RAFFRAÎCHISSEMENT

Lorsque la ventilation ne suffit pas, on fait alors appel à des techniques de rafraîchissement :

- par l'air, directement envoyé dans les locaux (climatiseur de pièce ou installation de traitement d'air avec gaines de distribution)
- par l'eau, envoyée par des tuyauteries dans un plancher chauffant-rafraîchissant, ou dans les batteries froides de ventilo-convecteurs ou de caissons de traitement d'air.

Les circuits à eau utilisent souvent une chaudière classique pour l'hiver et un "groupe de production d'eau glacée" pour l'été, soit dans le même circuit (2 tubes) soit dans deux circuits parallèles (4 tubes).

Dans certains cas, il y a un intérêt économique (à établir par une

étude précise) à utiliser une "pompe à chaleur" électrique capable de fournir à la fois l'eau chaude en hiver et l'eau glacée en été.

La technique des groupes à absorption fonctionnant au gaz naturel, plus respectueux de l'environnement, commence également à bien se développer pour les installations demandant 100 kW froid ou plus.

NOTA : les fluides frigorigènes les plus utilisés (dont R22) détruisent la "couche d'ozone" dont la réduction est dangereuse pour la vie sur terre (moindre protection aux ultra-violets). La substitution de ces fluides est largement engagée et en passe de devenir obligatoire ; les surcoûts d'installation liés à ces produits se réduisent fortement pour le R134A et le R407C.

LES CLIMATISATIONS DOUCES : LES SYSTÈMES RADIATIVES

Parmi ces systèmes on trouve :

- plancher rafraîchissant : technique récente liée à l'extension du plancher chauffant à eau chaude à basse température consécutif à la mise au point de tubes synthétiques très résistants et faciles à poser.
- plafond rafraîchissant : technique plus récente, mais en large développement dans différents pays européens.

Caractéristiques et avantages :

Ils présentent de nombreux avantages, bien qu'étant un peu moins performants que les climatisations classiques :

- facilité de mise en œuvre,
- absence d'éléments visibles,
- qualité du confort⁽¹⁾ obtenu par ce procédé qui émet plus par rayonnement que par convection,
- réversibilité : moyennant quelques précautions de calcul, le même plancher ou plafond peut être utilisé pour chauffer et pour rafraîchir selon qu'on l'alimente en eau chaude ou en eau froide. Il présente dans les deux cas les mêmes principaux avantages.
- économies d'énergie car :
 - . la grande surface d'émission (plancher ou plafond) permet d'utiliser des fluides (chaud ou froid) à températures modérées, ce qui conduit à de meilleurs rendements,
 - . la puissance frigorifique installée, nécessairement modérée, incite à maîtriser les besoins et à ne pas gaspiller,
 - . la consommation des "auxiliaires", appareils de ventilation en particulier (ventilateurs des caissons, ventilo-convecteurs ...), est réduite,
- économies d'investissements :
 - . réduction de la puissance installée et donc des équipements correspondants en chaud comme en froid,
 - . utilisation d'un seul émetteur, le plancher, pour le chaud et le froid

. investissement global équivalent même lorsque le plancher froid est insuffisant et qu'il faut lui adjoindre une installation d'appoint.

- possibilité de valoriser les ressources renouvelables : capteurs solaires, nappes phréatiques, préservation complémentaire de l'environnement si l'on choisit un groupe de froid à absorption (gaz), ce qui limite le recours aux énergies classiques et aux fluides frigorigènes classiques désormais interdits ou en voie de substitution.

Limites et pathologies

Elles sont liées à la nécessité de maintenir une température suffisamment élevée (généralement 18°C) et donc de limiter la puissance de rafraîchissement afin surtout d'éviter les condensations sur la surface rayonnante (sol ou plafond). Il s'ensuit :

- procédé incompatible surtout pour les planchers avec les climats humides (zone côtière principalement)
- parfois, difficulté d'atteindre la puissance froid souhaitée. Toutefois, il faut rappeler ici, qu'à températures égales, le confort ressenti avec les procédés rayonnants (planchers ...) est supérieur à celui ressenti avec le chauffage ou le rafraîchissement de l'air. Cette technique requiert donc un bâtiment bien conçu et performant vis-à-vis de la thermique d'été.

1. Les planchers chauffants inconfortables réalisés dans les années 50-70 ont laissé une bien mauvaise image. La réglementation actuelle sur les planchers chauffants impose une température de sol maximale de 26°C, et donc toujours inférieure à la température du corps humain.

De même en refroidissement, on évitera les températures de sol trop froides : 18°C minimum (20°C en zone littorale)

NOTA : coût comparé des installations complètes de rafraîchissement

- planchers chaud - froid : 400 à 650 F HT/m²
- planchers chaud - froid et appoint - froid : 700 à 1000 F HT/m²
- chauffage - climatisation classique : 550 à 1000 F HT/m²

L'HUMIDIFICATION

Le refroidissement par évaporation, également appelé "rafraîchissement adiabatique", est utilisable dans les climats chauds et secs. L'évaporation de l'eau, qui absorbe de la chaleur et donc produit du froid, est obtenu en favorisant (systèmes passifs) ou en forçant (système actif avec ventilateur) le passage de l'air sur une surface humide. Différents systèmes très ingénieux ont été mis au point par l'architecture traditionnelle de divers pays tropicaux : jarres poreuses, nattes humidifiées, citernes d'eau sous les maisons, arrosage du

sol, etc ... Ces procédés peuvent être perfectionnés par adjonction d'un ventilateur.

Dans nos régions, on utilisera :

- soit un humidificateur autonome placé dans le local à traiter : chambre, atelier, bureau, etc.
- soit un module d'humidification adiabatique placé dans le caisson de traitement d'air des installations avec distribution de l'air par réseau de gaines.



Brumisateur : pour refroidir l'air on projette de l'eau en fines particules qui s'évaporent dans l'air à humidifier. Les appareils les plus courants sont les atomiseurs à disques, à buses ou à ultrasons.

L'humidification est aussi utilisée pour rafraîchir l'air ambiant à l'extérieur : plan d'eau, fontaine, humidification de sols ensoleillés, brumisation, etc ...

Eclairage naturel et artificiel

LES ENJEUX ENERGÉTIQUES

L'éclairage artificiel consomme une énergie chère, l'électricité. Il faut donc favoriser l'éclairage naturel, gratuit, sous réserve qu'il ne soit pas accompagné d'apports thermiques excessifs en été. Il faut donc résoudre l'apparente contradiction entre favoriser l'éclairage naturel et limiter les apports solaires en période chaude.

En hiver, lumière et soleil font "bon ménage".

En été, la lumière naturelle est potentiellement une source de surchauffe des locaux.

- 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

FICHE 6. ÉCLAIRAGE NATUREL / ARTIFICIEL

LES CRITÈRES D'UN ÉCLAIRAGE DE QUALITÉ

Ces critères sont principalement :

- une bonne répartition (ou bonne uniformité). Ce critère n'est pas essentiel dans l'habitat.
 - un niveau d'éclairement adapté à l'usage du local ou de la zone considérée.
 - une absence d'éblouissement dû au contraste excessif des luminances⁽¹⁾,
 - une adaptation de l'indice de rendu des couleurs⁽¹⁾ (IRC) à la tâche considérée :
 - . maximal dans un magasin de vêtement, dans une salle de dessin
 - . bon dans un gymnase utilisé pour les compétitions
 - . moyen ou bon dans une salle de classe banalisée
- Pour ce critère, l'éclairage naturel est toujours meilleur que l'éclairage artificiel.

1. voir définition dans "vocabulaire de base"



Seul l'éclairage artificiel permet une bonne répartition permanente
En éclairage naturel, le soleil direct est généralement à éviter, l'éclairage zénithal en particulier

activité	textile, musée, dessin	sport	salles de classes
I.R.C.	> 95 %	> 90%	80 à 85 %

FAUT-IL FAVORISER L'ÉCLAIRAGE NATUREL ?

Les variations de l'éclairement fournissent des informations sur l'heure, le climat ..., ce qui n'est pas sans conséquence sur l'"horloge" biologique des occupants. Cependant, elles peuvent, si elles sont importantes, rendre difficiles le maintien d'un niveau d'éclairement précis. La vision offerte par la lumière du jour se fait selon un spectre continu, généralement mieux équilibré que les lumières artificielles.



la variabilité de l'éclairage naturel constitue à la fois son principal agrément par le lien qu'elle assure avec la vie extérieure, et son principal défaut dans les applications autres que l'habitat.

L'intérêt thermique et économique de l'éclairage naturel

Il permet, s'il est associé à une gestion appropriée, de diminuer les consommations d'énergie électrique, de contribuer au chauffage d'hiver grâce aux apports solaires directs, et au confort d'été, puisque, pour un même niveau d'éclairement, la lumière du ciel (rayonnement diffus) apporte moins de chaleur que celle de l'éclairage électrique.

En revanche, la luminance du ciel est presque toujours assez élevée pour gêner la vue. Les zones de ciel situées au nord sont moins lumineuses et moins éblouissantes que celles situées vers le sud. On peut donc privilégier l'orientation Nord dans les locaux tertiaires nécessitant des conditions d'éclairage régulières, en association avec des protections thermiques adéquates (verres faiblement émissifs, volets roulants motorisés,...).



Eviter la vue directe du ciel dans les bureaux (de dessin notamment), les salles de sport,...
Les locaux de travail "aveugles" sont aujourd'hui, sauf nécessité liée à l'activité, totalement interdits.



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)

Dans l'habitat :

L'éclairage naturel est toujours l'éclairage principal du logement. Il doit être "contrôlé" : sa modulation doit être permise aux utilisateurs en fonction de l'activité désirée, de l'heure, du jour, de l'éclairement extérieur, d'où l'utilité des protections solaires variables (volets roulants, volets..).

Dans les bureaux :

L'évolution récente de l'architecture tend à favoriser l'éclairage naturel, qui est par ailleurs obligatoire. On rectifie ainsi la tendance des décennies précédentes caractérisée par l'omniprésence de l'éclairage artificiel, souvent en service en pleine journée dans des bâtiments comportant de nombreux locaux aveugles ou des postes de travail très éloignés des fenêtres.

Cette tendance actuelle s'accompagne, hélas, trop souvent, d'un contrôle (très) insuffisant des apports solaires thermiques et des éblouissements provoqués par le contraste excessif généré par les grandes baies vitrées.



Des moyens de contrôle de l'éclairage naturel doivent donc être mis en place, pour limiter les éblouissements et les apports thermiques.



Efficacité lumineuse * lampe fluorescente : 50 à 80 lumens/watt
* lampe incandescente : 8 à 25 lumens/watt
* rayonnement naturel diffus : 100 à 150 lumens/watt

Dans les locaux d'enseignement :

L'éclairage naturel des classes est obligatoire, par contre les apports solaires directs sont généralement à éviter en raison de l'éblouissement provoqué.

A contrario, dans les locaux de détente, les halls d'accueil, les circulations, où l'uniformité de l'éclairement n'est pas un critère décisif, les apports solaires directs peuvent participer à l'animation des lieux.

Dans les locaux sportifs :

Même si l'éclairage naturel est souhaitable, l'éblouissement est toujours à éviter.



1m² de vitrage ensoleillé sans protection peut transmettre jusqu'à 700 W pendant quelques heures. Ceci est à comparer à l'émission de chaleur produite par les 15W/m² nécessaires à l'éclairage à fluorescence d'un bureau, ou 75 W/m² en éclairage halogène, pendant toute la durée d'allumage.

L'ÉCLAIRAGE NATUREL : RÉGLEMENTATION

Les exigences portent soit directement sur l'indice de vitrage corrigé **Ivc** et un indice de profondeur **Ip**, soit sur le Facteur de lumière de jour **FJ** dont le calcul est relativement lourd.⁽¹⁾

	Habitat	Classes	Bureaux	Activités physiques et sportives
Facteur de lumière du jour FJ minimum sur le plan utile	1 %	2 %	1,5 %	≥1,5 % piscines : 2%
Réglementation du travail (art.R-235-2 du Code du Travail et circulaire du11/04/84)			• baies transparentes à hauteur d'yeux • surface des baies au moins égale à 1/4 de la plus grande paroi du local (attention cette valeur conduit souvent à un dimensionnement EXCESSIF en Région Provence-Alpes-Côte d'Azur)	
Indice de profondeur Ip (pour Ivc>10%)				2<Ip<3 ⁽²⁾
Indice de vitrage corrigé Ivc		1/6, soit 17% (+protection solaire)		Eclairage <10% faible >17% : abondant
Luminance : bonne homogénéité si				FJmax/FJ min<3, et FJmin/FJ médian<0,6
homogénéité acceptable si				FJmax/FJ min<5, et FJmin/FJ médian<0,4

1. FJ, Ip, Iv, Ivc : indices définis en fin de fiche

2. pour Ip>3 -> fond du local très sombre (quel que soit Ivc). On peut compenser cette insuffisance d'éclairage par des vitrages sur la partie haute des parois verticales

REGLE SIMPLE POUR CARACTERISER L'ECLAIRAGE NATUREL D'UNE SALLE DE CLASSE

Pour un indice de vitrage corrigé⁽³⁾ compris entre 9 et 21% et pour un indice de profondeur compris entre 2 et 5, on calcule l'expression $Ivc-5Ip$ et on en déduit 4 catégories de salles :

- si $(Ivc - 5Ip) > 5$, l'éclairage naturel est abondant (pas de zone sombre - FJ mini >2%) ;

- si $0 < (Ivc - 5Ip) < 5$, l'éclairage naturel est satisfaisant (zone sombre très limitée - FJ mini = 1,5%) ;

- si $-5 < (Ivc - 5Ip) < 0$, on peut admettre que l'éclairage naturel du local est admissible (FJ mini de l'ordre de 1%), cependant la zone sombre peut occuper 50% de la surface de la salle et les durées d'utilisation de l'éclairage électrique pourront dépasser le tiers des heures de classes annuelles ;

- si $(Ivc - 5Ip) < -5$, l'éclairage naturel du local est insuffisant (FJ mini < 0,5%) et pratiquement l'éclairage électrique fonctionnera pendant toute la durée de l'utilisation de la salle.

Dans cette règle, les paramètres suivants ne sont pas complètement pris en compte :

- la hauteur de l'allège
- la répartition des prises de jour;
- les obstacles
- la couleur des parois

3. voir définition dans "vocabulaire de base"

ÉCLAIRAGE NATUREL : RECOMMANDATIONS

Orientation des façades éclairantes :

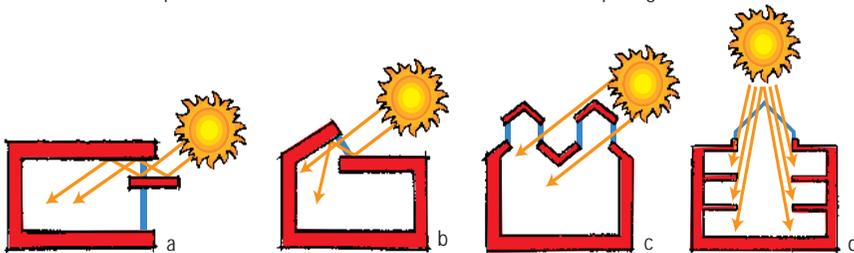
- La période de l'année qui conditionne l'éclairage minimum est l'Hiver, où l'éclairage extérieur est le plus faible. Sous nos latitudes, c'est la façade verticale Sud qui reçoit le maximum d'éclairage diffus à cette période de l'année,
- A l'inverse, la surface horizontale (toiture) voit son éclairage augmenter très fort en été, d'où un fort risque potentiel d'éblouissement (et d'apports énergétiques) par les vitrages de toiture,
- L'orientation Nord est moins efficace que les autres sur le plan de l'éclairage, mais génère un éclairage plus régulier et moins violent,
- Les surfaces verticales E et O évoluent comme la paroi horizontale, avec une pointe d'été.

a - Réflecteur pour zone éloignée du vitrage. En orientation Sud, constitue aussi un bon pare-soleil

b - Shed éclairant une paroi verticale

c - Eclairages zénithaux à orientations multiples. A manier avec prudence

d - Patio éclairant à proscrire, sauf si la toiture est escamotable ou bien protégée



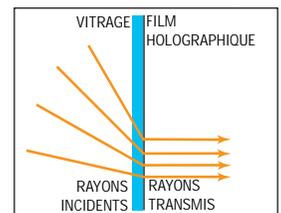
Distribution et contrôle de l'éclairage :

- Améliorer la répartition de l'éclairage
- L'éclairage du fond des pièces grâce à des réflecteurs horizontaux ou obliques de couleur claire. S'ils sont mobiles, ces systèmes peuvent constituer des pare-soleil.
- L'éclairage bilatéral, souvent pratiqué dans les bâtiments d'enseignement, mais qui se heurte à la fréquente obligation d'établir un degré coupe-feu entre les salles de cours et les circulations.
- Préférer les sheds qui n'éclairent pas directement le sol, mais plutôt des parois verticales : le verre holographique qui réoriente la lumière est un moyen utile pour cet usage.

S'ils ne sont pas orientés au Nord, les sheds doivent impérativement être équipés de protections solaires.

- Equiper toutes les baies vitrées de stores, de préférence réfléchissants sur leur face extérieure.

Ces stores sont complémentaires des pare-soleil qui sont de préférence situés à l'extérieur.



ÉCLAIRAGE NATUREL : QUELQUES PRÉCAUTIONS

- Attention à la mode du "tout vitrage" qui ne permet pas de contrôler le niveau d'éclairage, pas plus que le bilan thermique. La quantité d'éclairage naturel ne préjuge pas de sa qualité (répartition).
- Attention à l'éclairage zénithal non protégé, source d'éblouissement et de surchauffes très inconfortables.

- Ne pas appliquer sans précaution la circulaire du Code du Travail, qui demande une surface de baie au moins égale au quart de la plus grande paroi du local. Ce ratio de 1/4 peut être très excessif lorsque le bâtiment concerné est long et peu profond.

PRODUITS NOUVEAUX ET ÉCLAIRAGE NATUREL

Les isolants transparents ou translucides : fiche 3

Ils laissent passer la lumière (directe et diffuse) tout en isolant la paroi comme une paroi opaque.

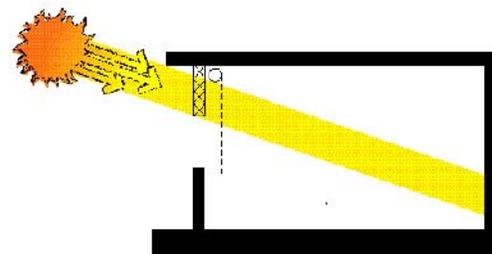
Ils constituent donc un "mieux" par rapport au vitrage clair, surtout dans le bilan d'hiver, mais ils ne réduisent pas les apports directs et diffus du soleil.

Il faut donc impérativement leur associer des protections solaires.

Les fibres de verre conductrices de lumière

Il s'agit pour le moment d'équipements permettant des effets décoratifs plus qu'utilitaires;

Vu les faibles flux transportés, ils n'ont pas d'incidence sur le confort d'été.



Isolant transparent pour l'éclairage du fond de la salle, une protection solaire et une occultation (store) sont nécessaires.

ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL : LE CHOIX DES SOURCES LUMINEUSES ET DES ACCESSOIRES

LES ENJEUX

L'éclairage artificiel doit :

- assurer un éclairage conforme aux besoins
- souvent, prolonger l'éclairage naturel
- consommer le moins possible d'électricité
- et par conséquent générer les plus faibles apports thermiques possibles

Dans le secteur tertiaire, conformément au projet de N.R.T⁽¹⁾, il faut éviter l'usage de l'incandescence classique ou halogène, à faible rendement lumineux ; en réserver l'usage aux locaux techniques, aux circulations où allumages/extinctions sont fréquents. En revanche, il faut favoriser l'usage des sources performantes,

1. La N.R.T. fixe des consommations énergétiques globales, qui incluent celles de l'éclairage. Les puissances lumineuses installées en tertiaire devront donc être limitées. Dans le secteur du logement, ce sont les usagers qui choisissent les sources de lumière, sauf dans les espaces collectifs généralement peu concernés par le confort d'été.

LE CHOIX DES LUMINAIRES

Le rendement des luminaires varie beaucoup selon leur conception et leur qualité d'exécution ; il est couramment compris entre 50 et 65%.

L'énergie non transformée en lumière est totalement convertie en chaleur : la recherche d'économies d'énergie rejoint celle du confort d'été :

- lors de la conception, il y a donc lieu de choisir des appareils à fort rendement
- lors de la réalisation, il faut s'assurer que les appareils proposés par les entreprises sont réellement "équivalents" à ceux prévus au marché : il peut exister 10 points d'écart de rendement entre deux luminaires apparemment semblables mais de marques différentes.



L'hiver, la chaleur dégagée par les luminaires ne contribue que peu au chauffage car elle reste confinée sous le plafond. Par contre, une surface chaude au-dessus de la tête contribue fortement à l'inconfort d'été.

L'éclairage indirect, qui utilise les surfaces bâties pour diffuser la lumière, est plus économe que l'éclairage direct. Il faut donc éviter sa généralisation et le limiter à un complément de l'éclairage direct.

COMMANDE ET PROGRAMMATION

1 - Distribution électrique

La distribution électrique doit être conçue en fonction des futures conditions d'exploitation, pour permettre :

- . un zonage en accord avec les décalages d'activité,
- . la prise en compte de l'éclairage naturel évoluant dans les zones pendant les activités,
- . la réalisation de deux niveaux d'éclairage dans les locaux à double utilisation :

lampes à fluorescence et lampes à décharge. Attention celles-ci comportent un "ballast" dont la consommation électrique n'est pas négligeable.

Certains d'entre eux permettent de réduire les pertes de 30 à 40% par rapport à des ballasts conventionnels, voire davantage pour les ballasts électroniques des tubes à fluorescence à haute fréquence.

A noter que l'importance relative de la consommation des ballasts augmente lorsque la puissance unitaire des sources dimi-

Types de lampes et puissances	Part des consommations du ballast par rapport à la consommation totale
lampes compactes fluorescentes de 9 à 36W	35 à 20 %
lampes fluorescentes de 18 à 58W	30 à 16 %
lampes "mercure" à décharge de 50 à 450W	12 à 4 %
lampes "sodium HP" à décharge de 50 à 1000W	16 à 5 %

Consommations de ballasts (valeurs indicatives)

- salle de sport à usage d'entraînement (niveau d'éclairage faible) et de compétition (niveau fort)
- salle polyvalente à usage de représentation théâtrale (niveau faible) et de réunion (niveau fort)

Salles de classe :

prévoir 2 allumages commandant 2 lignes parallèles à la façade vitrée.

Piscine couverte :

séparer les commandes de l'éclairage des plages de celles des bassins.

2 - Commandes d'allumage :

Les commandes d'allumage doivent refléter la souplesse d'usage prévue par la distribution électrique. Les moyens techniques disponibles sont nombreux et complémentaires :

- . commandes par zone (locales/à distance)
- . allumages individualisés
- . boîtiers de commande individualisée à distance (réalisable indépendamment de la distribution électrique, par système impulsif en Courants Faibles par exemple)
- . programmation horaire (centralisée, dérogations locales)
- . interrupteurs et variateurs crépusculaires, détecteurs de présence, minuteries ...

COULEUR DES PAROIS INTÉRIEURES

La lumière parvenant sur le plan utile dépend en partie des réflexions multiples se produisant sur le plafond, les murs, le sol. Le coefficient de réflexion quantifie le pourcentage du flux lumineux : les parois claires sont à privilégier.

On devrait éviter d'abaisser les coefficients de réflexion en dessous des valeurs suivantes : plafond 70 %, murs 50 %, sol 20 %.

- Norme AFNOR P 90-206 : niveaux d'éclairage horizontaux sur l'aire de jeu
- Les guides sectoriels Bâtiments à hautes performances énergétiques ; Programmer Concevoir Gérer ; "Santé" ; "Sports" ; "Enseignement" ; "Bureaux" - ADEME - AICVF - PYC Editions - 1993
- Cahier des recommandations techniques - Constructions scolaires - Ministère de l'Education Nationale
- Energy Conscious Design - A primer for Architects - Goulding - Lewis - Steemers - Commission of the European communities.



ECLAIRAGE : VOCABULAIRE DE BASE

La lumière :

C'est la partie visible des rayonnements électromagnétiques, celle qui impressionne l'œil.

En deçà de ces longueurs d'onde, on trouve les ultra-violet (U.V.), invisibles mais indispensables à la photosynthèse des plantes et importants par leur rôle bactéricide. Au-delà, les infra-rouge (I.R.), eux aussi invisibles, qui nous chauffent.

La couleur, d'après la norme NF T 30001

"Couleur : qualité de la sensation visuelle produite par des radiations optiques soit directes soit réfléchies, diffusées ou transmises par un corps..."

LUMIÈRE ARTIFICIELLE

La température de couleur d'une source lumineuse :

. le soleil de midi se comporte comme un matériau chauffé à 5600 K ; on dit que sa température de couleur est de 5600 K,

. les lampes à incandescence comme un matériau entre 2000 et 3000 K,

. les lampes à fluorescence existent de 2000 à 7400 K.

Indice de Rendu des couleurs I.R.C.

Compris entre 0 et 100%, il quantifie la restitution des couleurs par une source lumineuse, comparativement à la lumière naturelle.

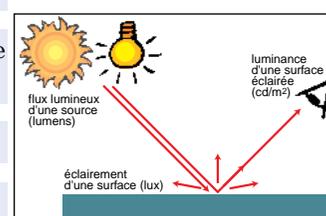
Si, à l'origine, les lampes à fluorescence avaient un mauvais rendu des couleurs, aujourd'hui beaucoup d'entre elles dépassent les 80%, et font presque aussi bien que les lampes à incandescence.

Rendement d'un luminaire, mesuré selon la norme NF C 71-120 :

$r = F_l / F_s$
rapport du flux lumineux F_l total émis par le luminaire en état de marche sur la somme des flux lumineux F_s nominaux individuels des lampes qui équipent le luminaire.

Les grandeurs photométriques :	Unité	Symbole	Définitions (simplifiées)
Flux lumineux	lumen	lm	"Puissance" lumineuse d'une source
Intensité lumineuse	candela	cd	Flux lumineux d'une source dans une direction donnée
Luminance	candela/cm ²	cd/cm ²	Intensité rapportée à la surface
Eclairement			Flux lumineux reçu par unité de surface

Flux lumineux - éclairement - luminance



LUMIÈRE NATURELLE

La lumière du jour est éminemment variable, en intensité, en répartition, en couleur ; la description de l'éclairage naturel d'un local ne peut être exhaustive. Quatre paramètres sont pris en compte pour la caractériser.

Le facteur de lumière du jour (FJ)

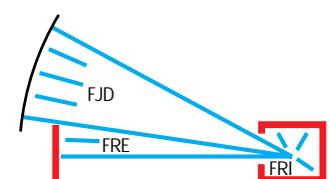
Le paramètre qui quantifie l'éclairage naturel en un point intérieur d'un local est le facteur de lumière du jour FJ, exprimé en % : rapport de l'éclairement en un point du plan considéré à l'éclairement extérieur sur un plan horizontal, en site dégagé, par ciel couvert (rayonnement solaire diffus).

Le facteur de lumière de jour est décomposé en trois parties :

1. Composante directe FDJ
2. Composante réfléchie extérieure FRE
3. Composante réfléchie intérieure FRI

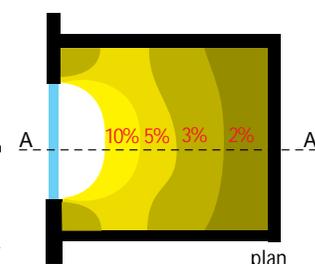
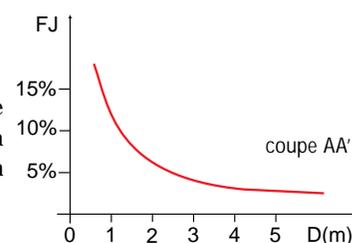
$$FJ = FJD + FRE + FRI$$

La ligne d'iso-éclairement de 2% marque la limite entre la zone d'ombre et la zone bien éclairée.



exemple de répartition du facteur de lumière du jour FJ d'un local

Source : guide sectoriel ADEME/AICVF



Quelques exemples d'éclairage :

- en été, à midi, par ciel découvert - au soleil 100 000 lx
- à l'ombre 10 000 lx
- à l'intérieur, à 1m de la fenêtre 200 à 2000 lx selon orientation
- en été, la nuit, par ciel clair - pleine lune 0,2 lx
- sans lune 0,0003 lx
- bureau de secrétariat 400 lx
- bureau de dessin 800 lx sur la table

Exemple : par temps très clair non ensoleillé, l'éclairement à l'extérieur sur un plan horizontal est de l'ordre de 30 000 lux, l'éclairement sur le plan utile pour FJ=2% sera de 600 lux.

La luminance

Pour assurer efficacité et confort visuels, il faut éviter :

- une luminance trop élevée entraînant des éblouissements, pour cela doser et répartir la surface de vitrage, adapter les revêtements des parois, prévoir des écrans (voilages, stores intérieurs) pour toutes les surfaces transparentes orientées vers le soleil, quelle que soit leur dimension, et répartir la surface éclairante.

Pour les parois, il faut utiliser des teintes claires et limiter leur luminance à 500 cd/m².

- un rapport important des luminances (fort contraste), comme par exemple le ciel vu à travers un plafond sombre. Plus la surface des prises de jour est grande, plus il est difficile d'éviter les zones à fort contraste. Une bonne homogénéité améliore le confort visuel et permet le fractionnement de l'éclairage artificiel. Lorsque le rapport des luminances entre le ciel et les parois intérieures dépasse 50, la gêne ressentie par les occupants est importante.

Pour réduire ce risque, il faut avoir à proximité des prises de jour, des parois intérieures (vues à contre-jour) très claires, avec un facteur de réflexion d'au moins 0,7 pour éviter d'avoir à les éclairer artificiellement.

L'indice de profondeur Ip

Il est défini par le rapport de la profondeur du local (y compris l'épaisseur des façades et des débords éventuels) à la hauteur sous linteau, corrigé de la hauteur du plan utile.

En combinaison avec l'indice de vitrage, il permet une première approche au stade d'un avant-projet, lorsque les prises de jour se trouvent sur une seule façade.

L'indice de vitrage (Iv), et l'indice de vitrage corrigé (Ivc).

Lorsqu'on veut caractériser l'éclairage naturel d'un local par un seul paramètre, on utilise la notion d'indice de vitrage Iv : rapport de surface vitrée à la surface au sol du local. Il caractérise l'éclairage naturel par ciel couvert en l'absence d'obstacle.

Un autre indice également utilisé est l'indice de vitrage corrigé Ivc, obtenu en multipliant l'indice de vitrage par son facteur de transmission.

Ivc > 17% -> éclairage naturel abondant

Ivc < 10% -> éclairage naturel faible

Facteur de transmission de la lumière :

glace claire 3 mm : 0,91

glace claire 6 mm : 0,89

glace grise 6 mm : 0,56

Caractéristiques de quelques sources lumineuses

		Fluo 32W D26 Hte définition (LUMINUX)	Fluo compact 36W (DF INT)	Halogène linéaire 100W (HALOLINE)	Halogène 12V dichroïque ouverte 50W (DECOSTAR SP)	Vapeur de mercure 80W (HQL R)	Iodure métallique 70W (MOI)
Flux lumineux	lm	3750	2500	1650	-	3000	5000
I R C	%	95	85	100	100	71	75
Efficacité lumineuse	lm/W	65	72	17	18	38	71
Température de couleur	K	3000 à 5400	2700 à 5400	3000	3100	3500	3000
Utilisations principales		Bureaux Ecoles	Tertiaire	Vitrines commerciales	• Décoration • Complément à la fluorescence	Grands volumes	Grands volumes (gymnase)

Concevoir un habitat individuel en régions méditerranéennes

“ Quels choix constructifs et énergétiques faire pour une maison individuelle, quels impacts en terme de consommations de chauffage et d'amélioration du confort en été ? ” Telles ont été les interrogations qui ont présidé à cette étude de l'ARENE.

Une étude réalisée à partir de simulations par ordinateur a permis d'évaluer les impacts en termes de confort et de consommations de différentes modifications appliquées à un modèle de maison individuelle. Les résultats ici présentés permettront d'aider des concepteurs et des futurs propriétaires dans leur choix de construction et d'implantation et d'en apprécier les conséquences pour leur occupation ultérieure.

LA MÉTHODE

Cette étude a été menée à l'aide d'un logiciel de simulations thermiques dynamiques (TRNSYS avec l'environnement IISIBAT⁽¹⁾).

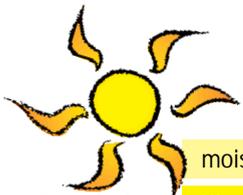
L'objet de la simulation est une maison individuelle simple telle qu'on en trouve dans de multiples catalogues de constructeurs de maison individuelle⁽²⁾.

A partir de ce modèle de base, plusieurs modifications ont été appliquées : orientations, inertie, dimension des ouvertures, gestion des protections solaires et de la ventilation...

Les conséquences en terme de consommations de chauffage et de température intérieure des différentes pièces ont été évaluées à partir des données météorologiques horaires de deux stations : Carpentras (climat de plaine intérieure) et Nice (climat littoral).

1. Plusieurs logiciels existent. Plus que les écarts de résultats entre logiciels, au demeurant relativement restreints, ce sont les variations de résultats entre les différentes hypothèses qui sont importantes à regarder.

2. Voir le verso de la fiche.



	mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	année
Température moyenne	Nice	8.6	9.1	10.8	13.2	16.4	19.8	22.6	22.5	20.4	16.6	12.4	9.5	15.2
	Carpentras	5.5	6.9	9.1	12.1	16.0	19.9	22.7	21.9	18.7	14.0	9.0	5.6	13.5
Ensoleillement (heures)	Nice	152	157	205	245	284	306	362	320	253	208	146	141	2779
	Carpentras	140	158	205	250	305	315	365	315	250	205	140	125	2773
Degré-jours	Nice	298	258	231	142	59	7	0	0	6	54	171	265	1491
	Carpentras	400	321	277	161	56	13	2	2	21	102	270	413	2038
Vent (m/s)	Nice	4.4	4.3	4.0	3.9	3.5	3.2	3.2	3.3	3.3	3.7	4.1	4.5	3.8
	Carpentras	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3

Station	Altitude	Température été mini-maxi	Température moyenne	Amplitude moyenne	Commentaires
Carpentras	99 m		22.7	14.5	Zone intérieure, forte amplitude de température jour nuit
Nice	5 m		22.6	7.6	Zone maritime, faible amplitude de température jour nuit

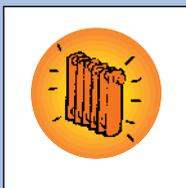
Les évolutions de la température extérieure pour ces deux zones mettent en évidence leur principale différence, à savoir des amplitudes jour-nuit très contrastées.

Les “réactions” du bâtiment seront donc sensiblement différentes, notamment aux sollicitations de type “surventilations” nocturne et/ou diurne qui pourront être testées.



Produit par ARENE

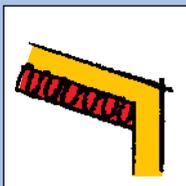
Agence Régionale de l'Énergie
Provence-Alpes-Côte d'Azur
CMCI - 2 rue Henri Barbusse 13241 Marseille
Cedex 1
Tel: 33 4 91 91 53 00 - Fax: 33 4 91 91 94 36
Web : <http://www.arena.fr>



DE L'IMPORTANCE D'UNE BONNE CONCEPTION

1) SITUATION INITIALE

	Carpentras		Nice	
Consommations chauffage	7580 kWh		4750 kWh	
Puissance appelée	13.2 kW		10.8 kW	
Durée de l'inconfort d'été	Heures	%	Heures	%
Séjour	483	22%	324	15%
Chambres (moyenne)	431	19%	206	9%

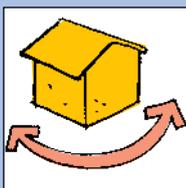


2) RENFORCEMENT DE L'ISOLATION DES COMBLES

L'épaisseur de laine minérale passe de 150 mm à 200 mm

	Carpentras		Nice	
Consommations chauffage	7372 kWh		4750 kWh	
différence avec cas de base	-3%		0%	
Puissance appelée	13.0 kW		10.7 kW	
différence avec cas de base	-2%		-1%	
Durée de l'inconfort d'été	Heures	%	Heures	%
Séjour	481	22%	312	14%
différence avec cas de base	-2	0%	-12	-4%
Chambre (moyenne)	423	19%	175	8%
différence avec cas de base	-8	-2%	-31	-10%

Une légère amélioration est apportée surtout pour les pièces en étage en période chaude. Cette solution (très fréquente) servira de référence pour les comparaisons suivantes.



3) CHANGEMENT D'ORIENTATION

	orientation à l'Est				orientation à l'Ouest			
	Carpentras		Nice		Carpentras		Nice	
Consommations chauffage	8370 kWh		5350 kWh		8306 kWh		5498 kWh	
différence avec cas de référence	14%		13%		13%		16%	
Puissance appelée	13.4 kW		11.0 kW		13.4 kW		11.0 kW	
différence avec cas de référence	3%		3%		3%		3%	
Durée de l'inconfort d'été	Heures	%	Heures	%	Heures	%	Heures	%
Séjour	436	20%	310	14%	509	23%	413	19%
différence avec cas de référence	-45	-9%	-2	-1%	28	6%	101	32%
Chambre (moyenne)	193	9%	4	0%	452	20%	283	13%
différence avec cas de référence	-230	-54%	-171	-98%	29	7%	108	62%

Le cas de base est orienté au Sud.

Il y a peu de différence concernant le chauffage entre une orientation Ouest et Est, mais dans les deux cas l'augmentation des consommations de chauffage est de plus de 10 % par rapport à la solution de référence, orientée Sud.

En été, l'inconfort est sensiblement diminué par une orientation Est.

A l'inverse, il est augmenté par une orientation Ouest.



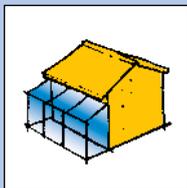
4) AUGMENTATION DE LA SURFACE VITRÉE SUD

Celle-ci est réalisée par le remplacement des fenêtres par des portes-fenêtres au rez-de-chaussée et l'agrandissement d'une fenêtre à l'étage. L'augmentation de la surface vitrée au Sud est donc de l'ordre de 25 %.

	Carpentras		Nice	
Consommations chauffage	6970 kWh		4228 kWh	
différence avec cas de référence	-5%		-11%	
Puissance appelée	13.0 kW		10.6 kW	
différence avec cas de référence	0%		-1%	
Durée de l'inconfort d'été	Heures	%	Heures	%
Séjour	384	17%	187	8%
différence avec cas de référence	-97	-20%	-125	-40%
Chambre (moyenne)	336	15%	67	3%
différence avec cas de référence	-87	-21%	-108	-62%

L'augmentation de surface vitrée au Sud (et la diminution des surfaces vitrées Est/Ouest) conduit à une réduction sensible des consommations de chauffage (5% à Carpentras, 11% à Nice).

L'impact sur le confort d'été (principalement lié à la réduction des ouvertures Est/Ouest) se traduit par une diminution d'une centaine d'heures de l'inconfort d'été (soit environ 20% à Carpentras, plus de 40 % à Nice).



5) AJOUT D'UNE VÉRANDA AU SUD AVEC PRÉCHAUFFAGE DE L'AIR NEUF

La véranda couvre les 2/3 de la façade sud au rez-de-chaussée ; elle est vitrée sur 3 faces, sa toiture est pleine.

L'objectif est de favoriser la récupération des apports solaires, même en l'absence des occupants :

- l'hiver, on suppose donc que tout l'air entrant dans les pièces principales transite par la véranda,
- l'été, c'est le scénario de base qui est appliqué.

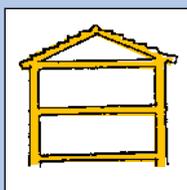
Durant l'été, les vitrages ont une protection solaire (protection avec facteur de 0.8). La véranda est largement ventilée durant la journée (20 volumes/heure).

	Carpentras		Nice	
Consommations chauffage	6671 kWh		3824 kWh	
différence avec cas de référence	-10%		-19%	
Puissance appelée	13.0 kW		10.6 kW	
différence avec cas de référence	0%		-1%	

L'ajout d'une véranda, d'un côté par l'effet tampon qu'elle crée et de l'autre par le préchauffage de l'air neuf, permet de réduire les consommations de chauffage de 20 % à Nice et de 10 % à Carpentras.

La présence de la véranda est d'autant plus intéressante que l'ouverture des volets durant la journée est limitée (du fait de l'absence des occupants, par exemple) : l'économie atteint alors pratiquement 40% à Carpentras et 50% à Nice

Dans le cas où seul l'effet tampon est utilisé (et donc seules passent par la véranda les ventilations des fenêtres du séjour), cette réduction de consommation tombe à 8 % à Nice et à 2 % à Carpentras.



6) MODIFICATION DE L'INERTIE

L'inertie du bâtiment initial est assez lourde (valeur limite entre inertie lourde et moyenne).

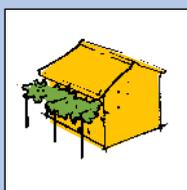
3 variations ont été étudiées :

- inertie thermique légère (bâtiment ossature bois, plancher étage : bois),
- inertie thermique lourde (plancher haut étage : dalle béton),
- inertie thermique très lourde (mur extérieur à isolation intégrée + plancher haut étage : dalle béton).

Consommations chauffage
différence avec cas de référence
Puissance appelée
différence avec cas de référence
Durée de l'inconfort d'été
Séjour
différence avec cas de référence
Chambre (moyenne)
différence avec cas de référence

Inertie légère		inertie lourde				inertie très lourde					
Carpentras		Nice		Carpentras		Nice		Carpentras		Nice	
7510 kWh		4727 kWh		7408 kWh		4598 kWh		7540 kWh		4694 kWh	
2%		0%		0%		-3%		2%		-1%	
13.2 kW		10.7 kW		13.2 kW		10.8 kW		13.2 kW		10.9 kW	
3%		0%		2%		1%		2%		2%	
Heures	%	Heures	%	Heures	%	Heures	%	Heures	%	Heures	%
508	23%	383	17%	408	18%	258	12%	381	17%	186	8%
27	6%	71	23%	-73	-15%	-54	-17%	-100	-21%	-126	-40%
468	21%	321	14%	294	13%	30	1%	265	12%	3	0%
45	11%	146	83%	-129	-27%	-145	-83%	-158	-37%	-172	-98%

Les variations d'inertie n'ont que peu d'influence sur les consommations de chauffage. En revanche, on voit que l'inertie légère augmente nettement l'inconfort d'été (surtout à Nice). L'inertie lourde apporte une amélioration sensible. En revanche la différence entre inertie lourde et inertie très lourde est relativement moindre, surtout si l'on considère le faible temps d'inconfort par rapport à l'ensemble de la période estivale.



7) AJOUT D'UNE PERGOLA EN FAÇADE SUD

La pergola protège le rez-de-chaussée de la façade Sud. La protection solaire apportée est variable selon la période de l'année, valeur dans tableau ci-dessous :

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
FS ⁽¹⁾		1		0,7	0,45		0,2		0,45	0,7	1	

	Carpentras		Nice	
	Heures	%	Heures	%
Durée de l'inconfort d'été				
Séjour	224	10%	97	4%
différence avec cas de référence	-257	-53%	-215	-69%
Chambre (moyenne)	251	11%	19	1%
différence avec cas de référence	-172	-41%	-156	-89%

On constate la remarquable efficacité de la pergola : une réduction du temps d'inconfort en période estivale de plus de 50 % au rez-de-chaussée et de 40 à 90 % à l'étage pour les deux climats étudiés. Son impact est donc sensible sur l'ensemble de la maison pour un coût extrêmement réduit.

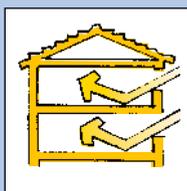
8) COULEUR CLAIRS DES SOLS

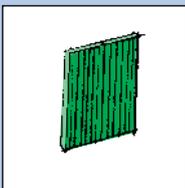
Les sols prévus dans le projet initial sont de couleur sombre. Afin de mieux noter l'impact de cette variable, celle-ci a été associée à l'agrandissement des vitrages Sud.

	Carpentras		Nice	
Consommations chauffage	7029 kWh		4284 kWh	
différence avec cas sol foncé	1%		1%	
Puissance appelée	13.0 kW		10.6 kW	
différence avec cas sol foncé	0%		0%	
Durée de l'inconfort d'été	Heures	%	Heures	%
Séjour	369	17%	172	8%
différence avec cas sol foncé	-15	-4%	-15	-8%
Chambre (moyenne)	336	15%	74	3%
différence avec cas sol foncé	0	0%	7	2%

Le remplacement par des sols clairs modifie peu les résultats de la période d'hiver mais apporte une légère amélioration en été au rez-de-chaussée.

1.FS = facteur solaire : quantité de lumière passant à travers la protection





DE L'IMPORTANCE DE LA BONNE GESTION DES VOIETS

1) LA MAUVAISE GESTION EN HIVER : VOIETS PRESQUE TOUJOURS FERMÉS (SCÉNARIO IDEM EN ÉTÉ)

	Carpentras	Nice
Consommations chauffage	10091 kWh	7349 kWh
différence avec cas de référence	37%	55%
orientation EST		
Consommations chauffage	9854 kWh	7083 kWh
différence avec cas de base orienté EST	18%	32%
orientation OUEST		
Consommations chauffage	10355 kWh	7593 kWh
différence avec cas de base orienté OUEST	25%	38%

Quelle que soit l'orientation, la mauvaise gestion hivernale des volets réduit les apports solaires et entraîne des augmentations des consommations de chauffage.

Celles-ci sont plus sensibles pour l'orientation SUD (+ 37 % à Carpentras, + 55 % à Nice), puisque c'est sur cette façade que les apports solaires sont les plus importants en hiver. Malgré tout, elles restent encore significatives pour les orientations EST et OUEST, d'autant plus que les volets sont ouverts le matin et le soir dans le scénario d'occupation, permettant donc de profiter des quelques apports solaires en fin d'hiver et en automne.

2) L'ABSENCE DE PROTECTION SOLAIRE EN ÉTÉ : INFLUENCE SUR LE CONFORT D'ÉTÉ

	Carpentras		Nice	
orientation SUD				
temps d'inconfort séjour	792	35%	1052	47%
différence avec cas de référence	65%		237%	
temps d'inconfort chambre	683	30%	829	37%
différence avec cas de référence	61%		374%	
orientation EST				
temps d'inconfort séjour	1755	78%	2026	90%
différence avec cas de référence	303%		554%	
temps d'inconfort chambre	1575	70%	1879	83%
différence avec cas de référence	716%		46875%	
orientation OUEST				
temps d'inconfort séjour	1674	74%	1917	85%
différence avec cas de référence	229%		364%	
temps d'inconfort chambre	1407	62%	1722	76%
différence avec cas de référence	211%		508%	

L'absence de protection solaire est absolument catastrophique. A orientation identique, les temps d'inconfort sont augmentés. On constate toutefois que l'orientation sud reste bien la plus favorable en été.

DE L'IMPORTANCE DE LA BONNE GESTION DE LA VENTILATION

1) VENTILATION NOCTURNE RENFORCÉE EN ÉTÉ

Une ventilation nocturne renforcée en été (un renouvellement d'air de 2 volumes par heure de 21 h 00 à 7 h 00 du matin en complément de la VMC) liée à une inertie thermique plutôt lourde, contribue à réduire l'inconfort d'été de plus de moitié que l'on soit à Nice ou Carpentras. (voir tableau ci-après)

2) VENTILATION JOUR/NUIT RENFORCÉE EN ÉTÉ

Il s'agit d'une surventilation permanente à fort débit (ouverture de nombreuses fenêtres, en permanence). On considère un taux un peu plus élevé le jour. Le scénario appliqué est : 2 vol/h la nuit (21 h à 7 h), 3 vol/h le jour (7 h à 21 h).

Cette stratégie est extrêmement efficace à Nice, elle y annule pratiquement toute surchauffe. En revanche, on voit qu'à Carpentras la ventilation diurne annule en partie les bienfaits de la ventilation nocturne.

3) VENTILATION RENFORCÉE LE JOUR UNIQUEMENT

Il s'agit d'une surventilation de jour uniquement, à fort débit (ouverture de nombreuses fenêtres dans la journée). La nuit, on considère le taux de base, réduit. Le scénario appliqué est : 0.3 vol/h la nuit (21 h à 7 h), 3 vol/h le jour (7 h à 21 h).

A Nice, la ventilation uniquement diurne n'a pas d'effet sur le confort d'été par rapport à la situation de référence. A Carpentras, l'inconfort est sensiblement augmenté.



période du 10/07 au 10/08

Carpentras

Durée de l'inconfort d'été
Séjour
différence avec cas de référence
Chambre (moyenne)
différence avec cas de référence

cas de référence		ventilation renforcée la nuit en été		ventilation renforcée jour et nuit en été		ventilation renforcée le jour en été	
Heures	%	Heures	%	Heures	%	Heures	%
294	38%	112	15%	197	26%	432	56%
		-182	-62%	-97	-33%	138	47%
275	36%	96	13%	186	24%	402	52%
		-179	-65%	-89	-32%	127	46%

Nice

Durée de l'inconfort d'été
Séjour
différence avec cas de référence
Chambre (moyenne)
différence avec cas de référence

cas de référence		ventilation renforcée la nuit en été		ventilation renforcée jour et nuit en été		ventilation renforcée le jour en été	
Heures	%	Heures	%	Heures	%	Heures	%
120	16%	63	8%	23	3%	116	15%
		-57	-48%	-97	-81%	-4	-3%
54	7%	14	2%	0	0%	43	6%
		-40	-74%	-54	-100%	-11	-20%

VENTILATION ET FAIBLE INERTIE THERMIQUE

Dans tous les cas, la faible inertie augmente la durée d'inconfort en été (la période considérée pour les calculs est celle du 10/07 au 10/08).

Avec une inertie thermique faible, la ventilation nocturne est nettement moins efficace, quelle que soit la zone climatique.

La différence est moins sensible avec une ventilation jour/nuit. En zone littorale, les durées d'inconfort restent très faibles et une inertie faible est acceptable.

En cas de ventilation diurne, la situation n'est guère aggravée par une diminution de l'inertie.

période du 10/07 au 10/08

Carpentras

Durée de l'inconfort d'été
Séjour
différence avec cas de référence
(inertie moyenne)
Chambre (moyenne)
différence avec cas de référence

cas de référence		ventilation renforcée la nuit en été		ventilation renforcée jour et nuit en été		ventilation renforcée le jour en été	
Heures	%	Heures	%	Heures	%	Heures	%
379	49%	185	24%	230	30%	462	60%
85	29%	73	65%	33	17%	30	7%
372	49%	170	22%	225	29%	425	55%
97	35%	74	77%	39	21%	23	6%

Nice

Durée de l'inconfort d'été
Séjour
différence avec cas de référence
Chambre (moyenne)
différence avec cas de référence

cas de référence		ventilation renforcée la nuit en été		ventilation renforcée jour et nuit en été		ventilation renforcée le jour en été	
Heures	%	Heures	%	Heures	%	Heures	%
251	33%	128	17%	47	6%	192	25%
131	109%	65	103%	24	104%	76	66%
244	32%	139	18%	36	5%	139	18%
190	352%	125	893%	36	xxx	96	223%

CLIMATISATION ET INERTIE THERMIQUE

	Carpentras	Nice
inertie légère	514 kWh	446 kWh
inertie moyenne	414 kWh	338 kWh
inertie lourde	408 kWh	361 kWh

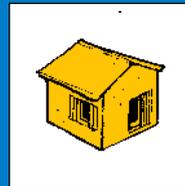
En cas de climatisation (la climatisation se met en marche et s'arrête en fonction de la température résultante), l'inertie légère reste moins performante que l'inertie lourde.

C'est une maison de type bastide provençale, forme rectangulaire, de deux étages, toiture deux pentes, garage attenant non chauffé, combles perdus, plancher bas sur vide sanitaire.

L'inertie thermique du bâtiment est de type "moyenne" (limite supérieure ; en fait le rez-de-chaussée est lourd et l'étage léger).

Plusieurs hypothèses ont été faites sur l'occupation et la ventilation du bâtiment, les consignes de chauffage d'une part, sur la gestion des volets d'autre part.

Même si elles sont nécessairement simplificatrices, elles permettent une approche en termes d'occupation et de comportement et constitue un cadre de comparaison pour évaluer les différentes modifications apportées au bâti.



LE MODÈLE

OCCUPATION/APPORTS INTERNES

Le scénario choisi suppose une occupation par 4 personnes (2 adultes, 2 enfants) ; les apports internes sont "classiques". La chambre n°4 n'est pas occupée.

Le scénario d'occupation ci-dessous est supposé identique tous les jours.

Les occupants sont en majorité absents pendant la journée.

L'occupation génère des apports de chaleur et d'humidité. En plus de la chaleur produite par le corps humain, on considère qu'il y a simultanément des apports de type éclairage, appareils électroménagers... Dans la cuisine et la salle de bains, les apports spécifiques sont pris en compte. Pour les scénarios d'occupation, et les apports totaux correspondants (répartis en flux convectif et radiatif en certaines proportions), on définit :



heures	séjour		bureau		Ch 1		Ch 2, 3		Ch 4		SDB		Cuisine	
	pers	W	pers	W	pers	W	pers	W	pers	W	pers	W	pers	W
0h00 à 6h00					2	16	1	80						
6h00 à 7h00							1	80			1	230		
7h00 à 8h00			1	80							1	230	1	250
8h00 à 12h00														
12h00 à 13h00													1	220
13h00 à 17h00														
17h00 à 18h00			1	80			1	80						
18h00 à 19h00	2	760	1	80									1	910
19h00 à 20h00														550
20h00 à 21h00	4	1520												
21h00 à 23h00	2	760					1	80						
22h00 à 23h00							1	80						
23h00 à 24h00					2	160	1	80						

CHAUFFAGE/CLIMATISATION : PÉRIODES, CONSIGNES, PUISSANCES

Pour le chauffage, les consignes suivantes sont appliquées dans tous les pièces, en définissant un scénario pour les 5 jours de semaine et un autre pour les 2 jours de week-end :

semaine				week-end		
6h -> 8h	8h -> 17h	17h -> 23h	23h -> 6h	0h -> 6h	6h -> 23h	23h -> 24h
21 °C	17 °C	21 °C	17 °C	17 °C	21 °C	17 °C

La salle de bains est un cas particulier où l'on fixe 20 °C hors occupation et 25 °C le matin entre 6h et 8h.

Le chauffage est en fonctionnement du 30/09 au 15/05.

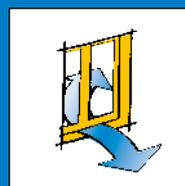
Pour la climatisation (étudiée sur un nombre réduit de cas), la consigne est uniforme dans la maison : 25 °C en permanence sur la période considérée. Les consommations de climatisation ont été calculées pour la période du 01/07 au 15/09.

Les systèmes de chauffage et de climatisation ne sont pas physiquement modélisés ; on considère simplement que les puissances disponibles pour le chauffage et la climatisation permettent toujours de satisfaire les besoins.

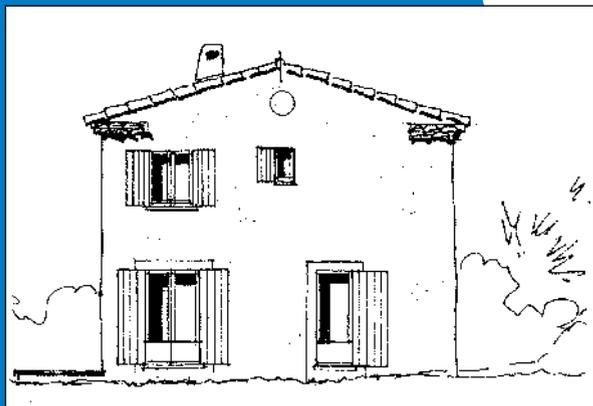
VENTILATION/INFILTRATIONS/OUVERTURE DES FENÊTRES

Scénario de base (Hiver et Été) :

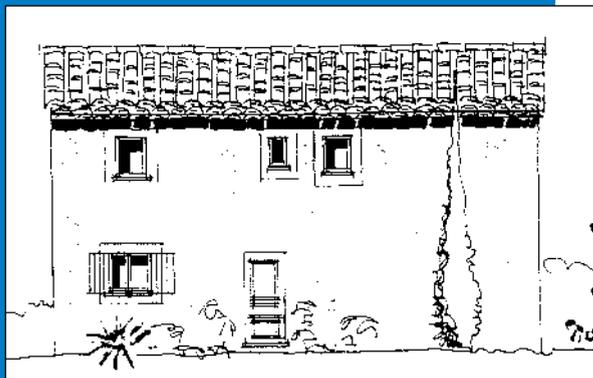
- VMC "réglementaire" et infiltrations sont évaluées forfaitairement à 0.2 vol/h . La VMC est de type simple flux par extraction : entrées d'air dans les pièces principales, extraction d'air dans les pièces de services ; l'air transite par le hall pour le RdC et par le palier pour le 1er étage ; on suppose qu'il n'y a pas de couplage aérodynamique entre le RdC et le 1^{er} étage.
- Le débit minimum de la VMC est de 120 m³/h et le débit maximum de 210 m³/h ; ce dernier n'est supposé être utilisé qu'1/2 heure par jour, entre 18 h 30 et 19 h 00.
- Prise en compte d'une ouverture des fenêtres de base avec scénarios journaliers différents suivant les saisons (scénarios "hiver" et "été") et valeurs de renouvellement d'air associé variant de 0.1 à 0.3 vol/h entre hiver et été.



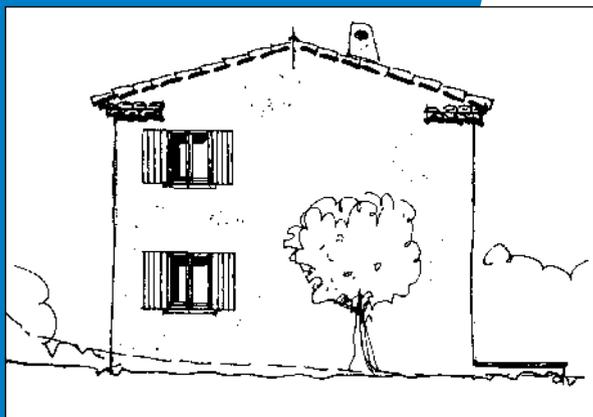
LA MAISON MODÈLE DE LA SIMULATION



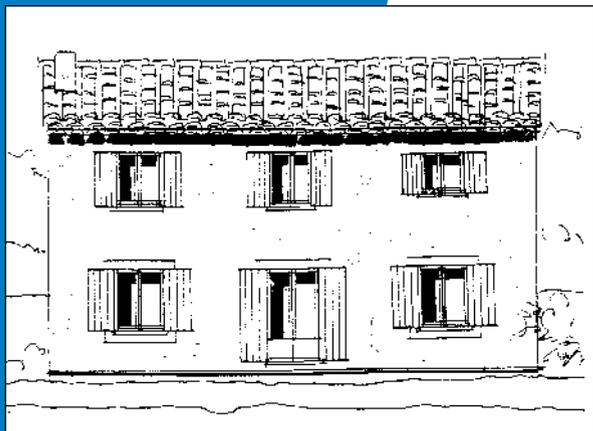
FAÇADE EST



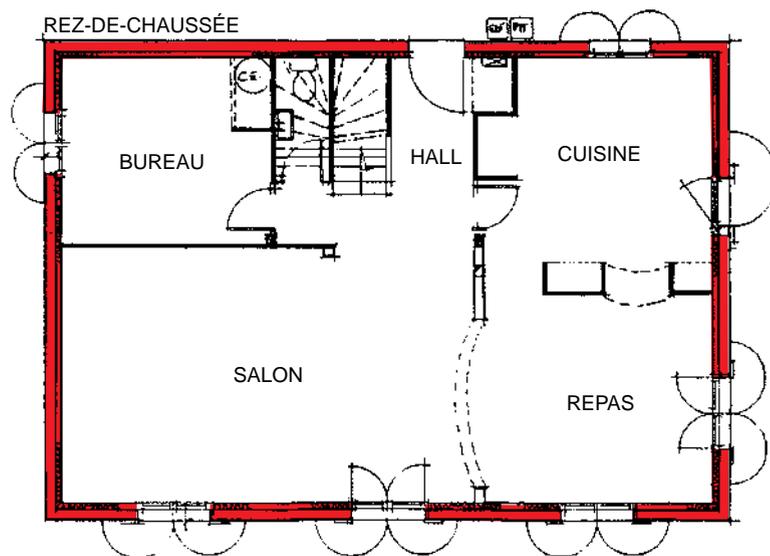
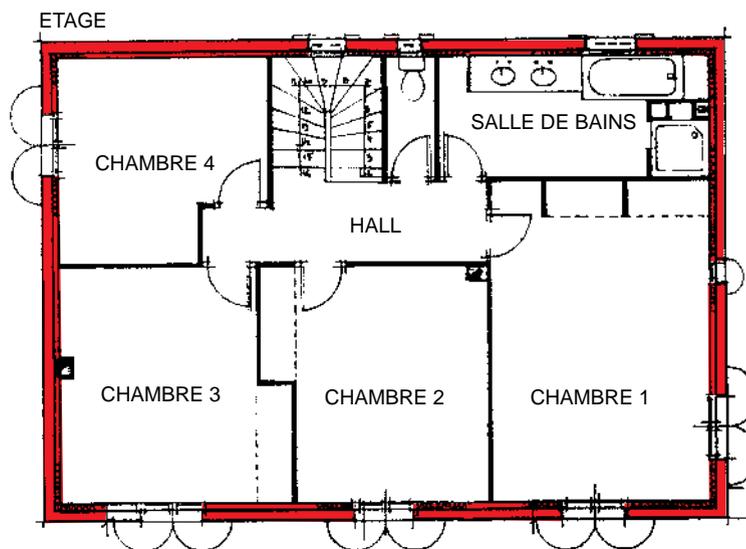
FAÇADE NORD



FAÇADE OUEST



FAÇADE SUD



Murs extérieurs :

- agglo creux
- isolant : 80 mm polystyrène + 10 mm plaque de plâtre,
- enduit extérieur monocouche,
- $K = 0,45 \text{ W/m}_2\text{C}$

Menuiserie extérieure :

- menuiserie bois ACOTHERM A3-E3-V2,
- double vitrage 4 + 12 + 4.

Volets : bois plein.

Isolation des combles : laine minérale 15 cm (sur ossature + habillage en sous-face par BA 13).

Plancher rez-de-chaussée :

- type précontraint, hourdis polystyrène,
- K global : $0,36 \text{ W/m}_2\text{C}$.