



AMELIORATION DU CONFORT ESTIVAL

REDUCTION DE L'INCONFORT ESTIVAL

1 - QU'EST-CE QUE LE CONFORT D'ETE ?	2
2 - COMMENT AMELIORER LE CONFORT THERMIQUE ?	3
2.1 - SENSIBILISATION	3
2.1.1 - ASPECTS PHYSIOLOGIQUES	3
2.1.2 - FONCTIONNEMENT DES EQUIPEMENTS	3
2.2 - SYSTEMES PASSIFS : ENVELOPPE ET ISOLATION	4
2.2.1 - TOITURE	4
2.2.2 - MURS	5
2.2.3 - PLANCHER BAS	7
2.2.4 - VITRAGES	7
2.2.5 - COULEUR DES SURFACES	8
2.3 - SYSTEMES PASSIFS : VEGETATION	9
2.3.1 - HUMIDIFICATION	9
2.3.2 - PROTECTION SOLAIRE	9
2.3.3 - VEGETALISATION : TOITURE / FACADE	9
2.4 - SYSTEMES PASSIFS : PROTECTIONS SOLAIRES	12
2.4.1 - INTERIEURS	12
2.4.2 - EXTERIEURS	12
2.4.3 - FILM SOLAIRE	14
2.5 - SYSTEMES SEMI-PASSIFS : VENTILATION ET HUMIDIFICATION	15
2.5.1 - VENTILATEUR : BRASSAGE D'AIR	15
2.5.2 - VENTILATION NOCTURNE NATURELLE : FREE-COOLING NATUREL	15
2.5.3 - SURVENTILATION NOCTURNE : FREE-COOLING MECANIQUE	16
2.5.4 - VENTILATION : PUIT CANADIEN	17
2.5.5 - HUMIDIFICATION : FONTAINE / MUR D'EAU	18
2.5.6 - HUMIDIFICATION / VENTILATION : RAFRAICHISSEMENT ADIABATIQUE	19
2.6 - SYSTEMES ACTIFS : CLIMATISATION PAR POMPE A CHALEUR	21
2.6.1 - SYSTEMES INDIVIDUELS	21
2.6.2 - SYSTEMES CENTRALISES	22
2.6.3 - EXIGENCES A AVOIR	22
2.6.4 - ENTRETIEN	22
2.7 - SYNTHESE DES SYSTEMES ET TABLEAU COMPARATIF	23



1 - QU'EST-CE QUE LE CONFORT D'ETE ?

Le confort d'été est fonction de paramètres sur lesquels il est possible d'agir, pour réduire la surchauffe rendant inconfortable un bâtiment ou un logement. Ces paramètres sont liés à la conception et la gestion du bâtiment, et à certains éléments physiologiques. Le confort d'été passe par la maîtrise de ces paramètres sans avoir forcément recours à la climatisation.

Les différents paramètres influant sur le confort thermique sont :

- La vitesse de l'air et sa température
- La température des parois
- Le rayonnement solaire sur l'occupant
- La tenue vestimentaire
- L'activité exercée
- L'âge et l'état de santé
- etc.

Différentes sources d'apports de chaleur :

La principale donnée à considérer est la température intérieure du logement. Celle-ci résulte des flux de chaleur provenant de l'extérieur ou de l'intérieur du logement :

Apports externes : En été, la chaleur pénètre depuis l'extérieur avec le rayonnement solaire direct, la transmission de chaleur par les parois (murs, fenêtres, toit) et les entrées d'air chaud (défauts d'étanchéité et ventilation).

Apports internes : Pour autant, les apports internes ne doivent pas être négligés : il s'agit du fonctionnement de tous les appareils électriques (éclairage, réfrigérateur, téléviseur,...) et du dégagement de chaleur liée à la présence d'occupants.

Moyens pour réduire les apports externes et évacuer la chaleur :

- Réduire les apports solaires,
- Utiliser de l'air frais extérieur,
- Puiser la fraîcheur dans le sol,
- Humidifier l'air,
- Sensibiliser les occupants,

2 - COMMENT AMELIORER LE CONFORT THERMIQUE ?

Protections solaires efficaces et ventilation sont les outils majeurs du confort estival.

Il convient à la fois de :

- Limiter les apports solaires (protections solaires fixes et/ou mobiles),
- Limiter les apports thermiques externes (pas de ventilation pendant la journée),
- Limiter les apports thermiques internes (notamment ceux de l'éclairage),
- Favoriser l'évacuation nocturne de la chaleur par la ventilation,

L'occupant qui saura gérer les protections solaires et une ventilation judicieuse, obtiendra des conditions de confort satisfaisantes même par forte chaleur.

2.1 - SENSIBILISATION

2.1.1 - ASPECTS PHYSIOLOGIQUES

Le confort d'été n'est pas qu'une question de température ou d'humidité de l'air, certains paramètres corporels ont toute leur importance. Pour réduire la sensation de chaleur, on peut utiliser des vêtements liés à la saison (larges, courts et clairs en été), manger moins de plats chauds (ce qui a aussi pour conséquence de diminuer l'apport de chaleur dans le logement sous forme d'énergie de cuisson).

2.1.2 - FONCTIONNEMENT DES EQUIPEMENTS

Afin d'éviter les apports de chaleur dus aux équipements électriques, il est nécessaire de réduire au maximum leur utilisation lors des périodes chaudes. Le tableau suivant évalue les apports de chaleur de divers appareils de la vie courante :

Appareils	Durée de fonctionnement par jour	Apports de chaleur (Wh par jour*)	Equivalence de fonctionnement d'un radiateur électrique de 1000W pendant...
Lampe basse consommation	3h	30	1 min 12 sec
Radio	10h	100	6 min
Cafetière	moyenne	100	6 min
Ordinateur portable	5h	250	15 min
Lampe à incandescence	3h	300	18 min
Télévision	4h	360	22 min
Plaque de cuisson	1h	1000	1 heure
Fer à repasser	1 utilisation (2h)	600	36 min
Réfrigérateur	24h	800	48 min
Four	par jour, moyenne	600	36 min
Ordinateur	5h	100	1 heure
Machine à laver	1 lessive	1500	1 heure 30 min
Lampe halogène	3	1500	1 heure 30 min
Sèche-linge	1 cycle	2200	2 heure 12 min



2.2 - SYSTEMES PASSIFS : ENVELOPPE ET ISOLATION

Attention, l'isolation peut, dans certains cas, entraîner une diminution de l'inertie des logements existants, et ainsi augmenter la surchauffe. Les parois à isoler devront faire l'objet d'un choix éclairé sur le type des matériaux.

Cf : SITE MARTAA - OUTIL - BASE DOCUMENTAIRE - BATI - « Comparaison entre les isolants »

2.2.1 - TOITURE

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 30 à 50% 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.

Le choix des matériaux d'isolation se fera en fonction de l'inertie initiale de la toiture.

Toiture lourde :

En effet, si le plancher haut est composé d'une dalle lourde (type béton ou équivalent), l'isolant devra être placé côté extérieur, mais aura très peu d'impact sur le confort d'été.

Toiture légère :

Cependant, si le plancher haut est léger (type canisses, bois, plâtre ou équivalent), le choix d'un isolant « lourd » aura son importance. Les matériaux tels que la ouate de cellulose, les panneaux de liège, ou la fibre de bois haute densité pourront permettre de réduire sensiblement la surchauffe d'été, améliorant ainsi le confort.

Toiture avec combles ventilés :

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.

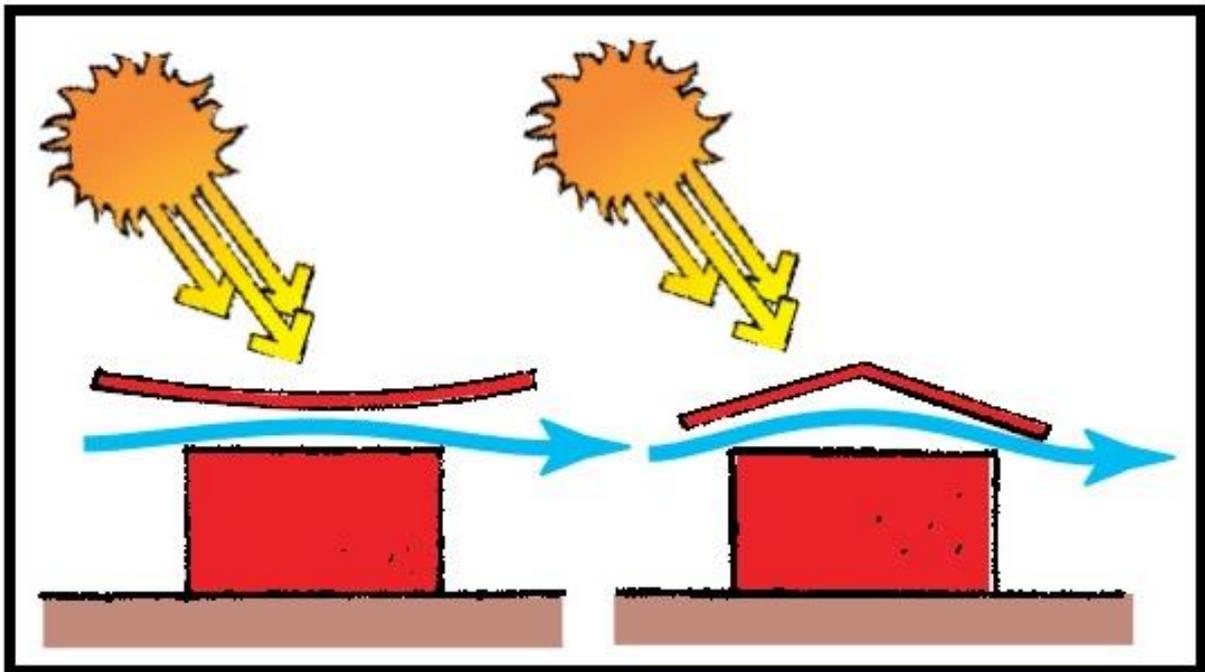
Les combles sont à sur-ventiler en été. Toutefois, il faut équiper les orifices de ventilation avec des grillages anti-animaux. Il est par ailleurs recommandé d'obturer la majeure partie de ces orifices en hiver.

Toiture " parasols " ou " sur-toitures " :

Cette solution n'est valable que si la sur-toiture est fortement ventilée sur tout le périmètre suivant la formule : $\text{Surface totale d'ouverture} / \text{Surface de toiture} > 0,15$.

Avantage :
- 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,...).



2.2.2 - MURS

Les constructions du 20ème 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 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.

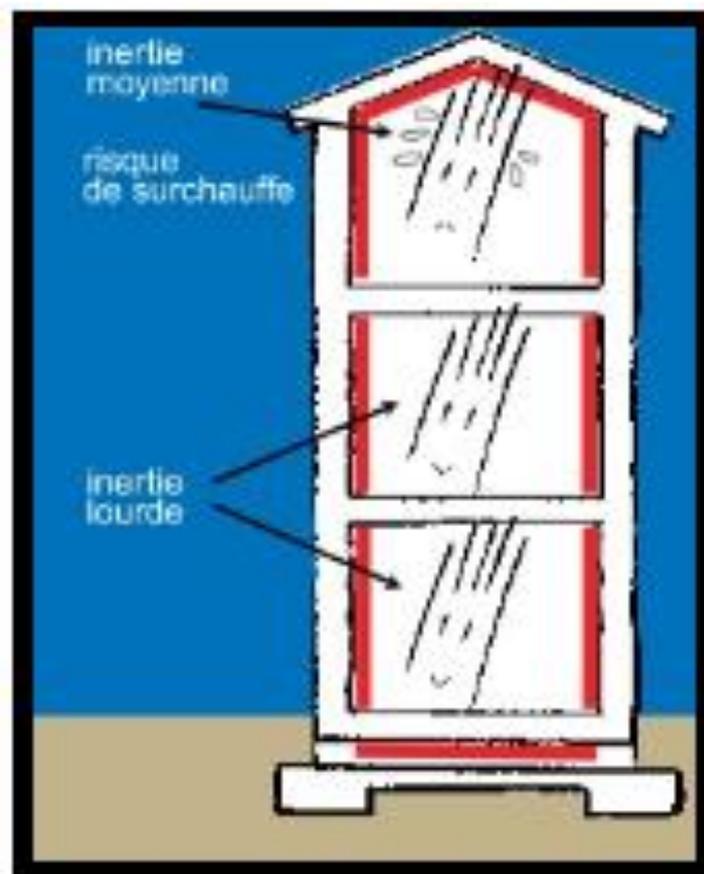
Isolation par l'intérieur - ITI :

L'isolation par l'intérieur a un coût relativement faible, et permet de garder l'expression architecturale des murs porteurs. Cependant, elle annule l'inertie thermique de la paroi isolée, elle ne traite pas les ponts thermiques, et n'évite pas les chocs thermique du côté extérieur de la maçonnerie.

Isolation par l'extérieur - ITE :

L'isolation par l'extérieur constitue le meilleur compromis 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. Elle évite les chocs thermiques sur la maçonnerie, et permet de conserver l'inertie des murs intérieurs par stockage de fraîcheur en été et de chaleur en hiver. Un revêtement clair sur les murs isolés réfléchira une bonne partie du rayonnement solaire. C'est une bonne solution thermique. Elle a pour inconvénients un coût plus élevé, et une mise en œuvre difficile pour les bâtiments avec une valeur patrimoniale.

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



Au rez-de-chaussée et aux étages des immeubles, 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.

2.2.3 - PLANCHER BAS

Le choix du type de plancher (carrelage, dalle, moquette, etc.) est déterminant dans le confort d'été :



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

Pour les planchers des logements existants, on privilégiera l'isolation par le plafond des caves ou des vides sanitaires, ou éventuellement l'isolation sous la dalle, afin de garder l'inertie des planchers dans le volume habité.

2.2.4 - VITRAGES

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 10%). L'impact sur le confort d'été (principalement lié à la réduction des ouvertures Est/Ouest) se traduit par une diminution de l'inconfort d'été.

Attention au choix des matériaux dans le cas du remplacement des menuiseries existantes. Voici ci-dessous les critères minimums à respecter pour bénéficier d'aides et de subventions :

Matériaux d'isolation thermique des parois vitrées et des portes d'entrée	Caractéristiques et performances en Métropole et en Outre-mer
Fenêtres ou portes-fenêtres	$U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2.\text{K}$ et $S_w \geq 0,3$ ou $U_w \leq 1,7 \text{ W/m}^2.\text{K}$ et $S_w \geq 0,36$
Portes d'entrée donnant sur l'extérieur	$U_d \leq 1,7 \text{ W/m}^2.\text{K}$
Vitrages de remplacement à isolation renforcée (vitrages à faible émissivité)	$U_g \leq 1,1 \text{ W/m}^2.\text{K}$
Doubles fenêtres (seconde fenêtre sur la baie) avec un double vitrage renforcé	$U_w \leq 1,8 \text{ W/m}^2.\text{K}$ $S_w \geq 0,32$
Volets isolants caractérisés par une résistance thermique additionnelle apportée par l'ensemble volet-lame d'air ventilé	$R > 0,22 \text{ m}^2.\text{K/W}$
Fenêtres de toiture	$U_w \leq 1,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$ et $S_w \leq 0,36$

Le coefficient « Sw » correspond au Facteur de transmission Solaire. Plus « Sw » est grand, plus la quantité d'énergie (de chaleur) transmise est importante. C'est pourquoi il est important que ce coefficient soit supérieur à une certaine valeur pour les fenêtres et portes-fenêtres verticales (pour maximiser les apports de chaleur en hiver), et inférieur à une certaine valeur pour les fenêtres de toiture (pour réduire les apports de chaleur en été).

ATTENTION : Eviter les fenêtres de toiture car source d'éblouissement et de surchauffes très inconfortables. Il est conseillé d'éviter les fenêtres de toit (notamment pour les toits à faible inclinaison), quelle que soit l'orientation.

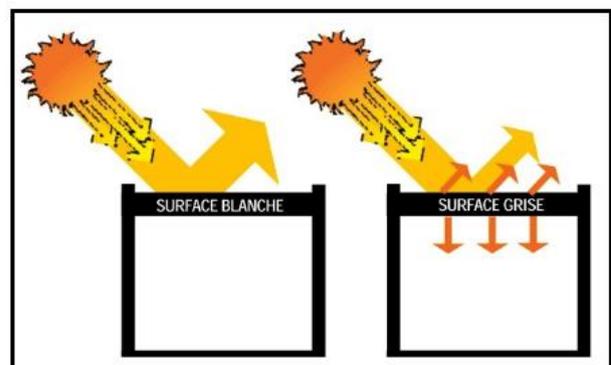
2.2.5 - COULEUR DES SURFACES

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. Plus les couleurs sont claires, plus la lumière se réfléchit et moins la chaleur est absorbée.

Parois extérieures :

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'utilisateur 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 les usagers.

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



Parois intérieures :

La lumière utile dépend en partie des réflexions multiples se produisant sur le plafond, les murs, le sol : les parois claires sont à privilégier.

Coefficient d'absorption solaire	
Blanc	0,25 à 0,40
Gris au gris foncé	0,40 à 0,50
Vert, rouge et brun	0,50 à 0,70
Brun au bleu foncé	0,70 à 0,80
Bleu foncé au noir	0,80 à 0,90

2.3 - SYSTEMES PASSIFS : VEGETATION

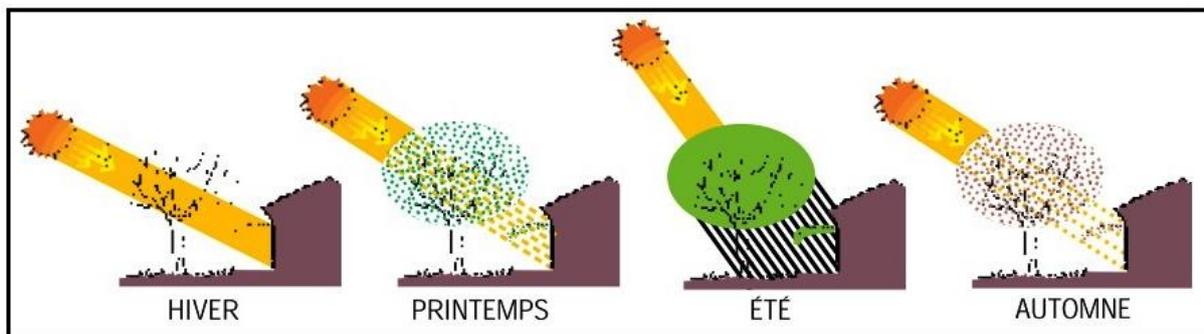
2.3.1 - HUMIDIFICATION

Les plantes apportent une fraîcheur dans les bâtiments, par évapotranspiration, amenant ainsi une confortable ambiance de fraîcheur.

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

2.3.2 - PROTECTION SOLAIRE

Placées à proximité des bâtiments, la végétation à feuilles caduques apporte l'ombrage en été sans arrêter le soleil d'hiver et diminuent l'exposition du sol au rayonnement solaire. 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.



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

2.3.3 - VEGETALISATION : TOITURE / FACADE

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, ...).

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, qui bénéficient du phénomène de rosée (c'est en été que l'air contient le maximum d'eau).

Végétalisation des façades ou de la toiture :

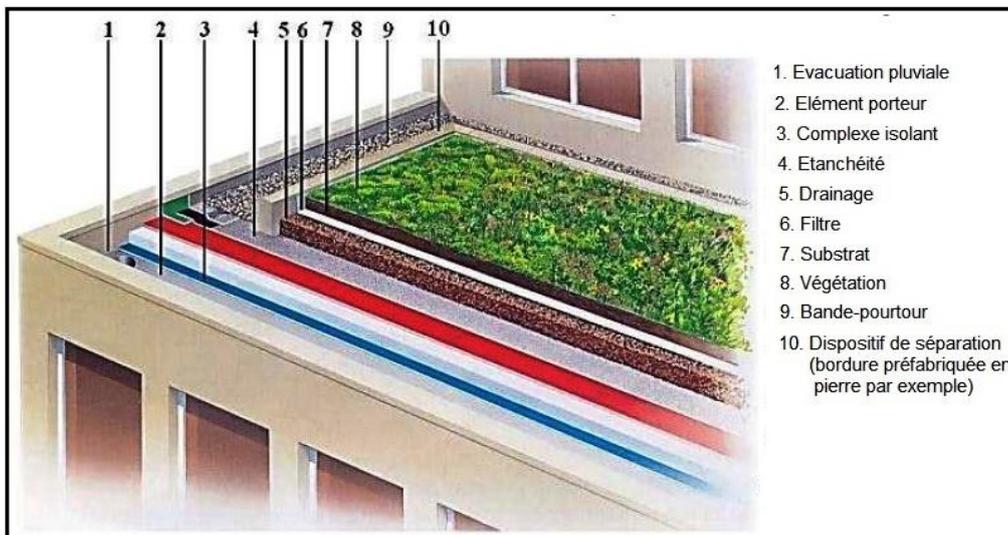
La végétalisation des parois est une très bonne solution à la fois esthétique, écologique et performante thermiquement. Les plantes entretiennent, par évapotranspiration, une confortable ambiance de fraîcheur. Une barrière végétale intérieure ou extérieure est une bonne solution pour faire écran aux rayons du soleil tout en laissant l'air circuler.

	 	 	 
	Extensif	Semi-intensif	Intensif
Épaisseur	3-12 cm	12-30 cm	> 30 cm
Portance	30-150 kg/m ²	150-350 kg/m ²	> 350 kg/m ²
Végétation	Sédums 	Sédums, graminées, vivaces 	Herbacées, arbustes, arbres 
Entretien	2 fois/an pas d'arrosage au Nord de la Loire	4 fois/an arrosage conseillé en été	type jardin classique
Accès	non	oui	oui
Coût	25-100 €/m ²	100-200 €/m ²	> 200 €/m ²

Atouts des toitures végétalisées :

- Confort thermique : Amélioration des caractéristiques thermiques,
- Gestion des eaux pluviales : rôle de tampon : retient entre 20 et 40 litres/m²,
- Confort visuel : Apport de végétation en zones urbaines,
- Confort acoustique : Diminution des nuisances sonores car absorption des bruits extérieurs,
- Qualité de l'air :
 - o Amélioration de la qualité de l'air par production d'oxygène et fixation du CO₂,
 - o Absorption d'une partie des gaz polluants et des poussières contenues dans l'air,
 - o Humidification de l'air asséché par la pollution - Réduction de l'aptitude aux allergies,
- Protection des étanchéités : Durabilité augmentée,
- Maintien de la biodiversité,
- Valorisation de l'image du bâtiment,
- Prolongation de la durée de vie de la toiture en servant d'écran contre les rayons ultra-violet et rayons solaires et en la protégeant contre les agressions des intempéries,

Composition d'une toiture végétalisée :



Support : Tout type d'élément (béton, acier, bois) à la condition que la surcharge admissible soit compatible avec celle du système projeté. Il faut savoir que seule une toiture lourde en béton permet une pente nulle. Tous les autres types de support impliquent des pentes minimum de 3%.

Complexe isolant : Ils doivent avoir une résistance mécanique importante compatible avec les surcharges prévues, en particulier à la compression et au poinçonnement. Tous types d'isolants : isolants minéraux, plastiques de type polystyrène ou isolants écologiques de type laine de chanvre, liège, bois feutrés...

Le système d'étanchéité : Il assure l'étanchéité de la toiture. La membrane est conçue pour résister à la pénétration des racines. Les systèmes d'étanchéité se répartissent également en 3 familles (bitumes, asphaltes et membranes synthétiques). Aucun n'est vraiment satisfaisant du point de vue environnemental, sauf peut-être les nouvelles membranes sans chlore à base de polyoléfines souples. Mais leur coût reste élevé.

Le drainage : Son rôle est de stocker l'eau nécessaire à la croissance des plantes, de faciliter l'écoulement de l'eau vers les évacuations d'eaux pluviales, mais également de ventiler la sous face du substrat. Celui-ci sera choisi en fonction de la pente de la toiture (granulats d'argile expansée, cailloux, graviers, plaques de polystyrène alvéolées et nervurées).

Le filtre : Il est constitué d'une nappe de fibres synthétiques non tissées. Il permet d'empêcher le colmatage de la couche drainante par les particules fines du substrat (nappes de laines de verre, synthétiques en polyester ou polypropylène).

Le substrat : Il assure les caractéristiques optimales constantes pour la végétalisation des toitures : capacité de rétention en eau, perméabilité, résistance à l'érosion, densité (mousse de sphaigne, terreau, terre noire, compost, etc.).

La végétalisation : Les végétaux sont sélectionnés pour leurs capacités à s'adapter aux conditions spécifiques de l'ouvrage : climat, ensoleillement, pente...

La végétation est constituée d'un couvert permanent résistant au gel, à la sécheresse et à l'excès d'eau. Elle a l'aptitude à couvrir le sol, à l'auto-génération et a un aspect décoratif. Elle est composée de plantes succulentes (type Sedum), de plantes vivaces et bulbeuses (type Œillet, Iris), de graminées (type Fétuques) et de petits ligneux (type Lavande). Le complexe de végétation a une épaisseur de 5 à 15 cm pour une charge de 40 à 150 kg/m².

2.4 - SYSTEMES PASSIFS : PROTECTIONS SOLAIRES

2.4.1 - INTERIEURS

ATTENTION : 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 fixes ou mobiles.



2.4.2 - EXTERIEURS

En été, un bâtiment mal protégé du soleil va générer des conditions thermiques inconfortables. La conception d'une protection solaire estivale efficace est fondamentale pour qu'un bâtiment soit confortable et performant.

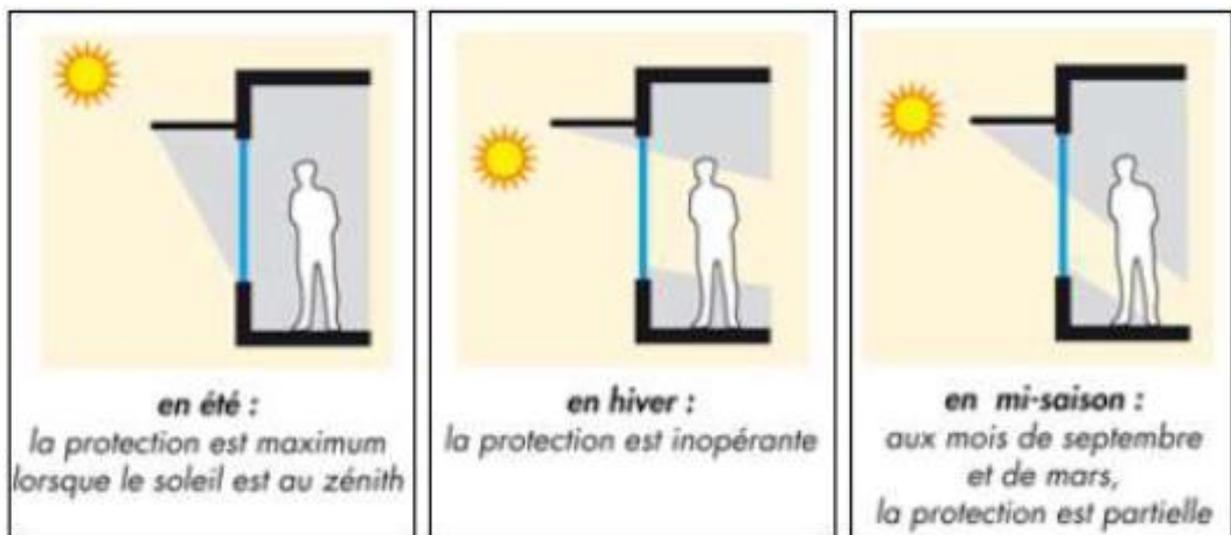
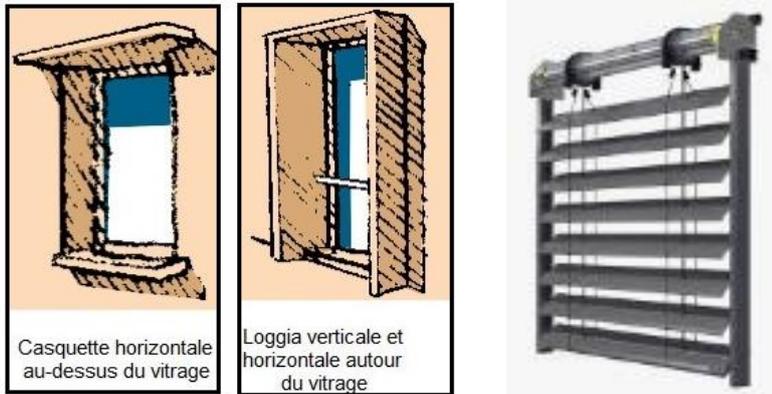
Pergola / Auvent électrique

La « pergola » protège le rez-de-chaussée de la façade Sud. La protection solaire apportée est variable selon la période de l'année. L'efficacité d'une pergola est souvent remarquable : 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. Son impact est donc sensible sur l'ensemble des zones pour un coût relativement réduit.



Casquette / Brise-soleil orientable - BSO

La « casquette » est constituée d'une avancée au-dessus de la surface réceptrice (auvent, débord de toiture, balcon, ...). L'occultation est bonne l'été pour les orientations Sud-Est à Sud-Ouest, mais très faible à l'Est et à l'Ouest car le soleil est rasant. En hiver, le soleil est plus bas, la casquette laisse passer le soleil quelle que soit son orientation.



Loggia

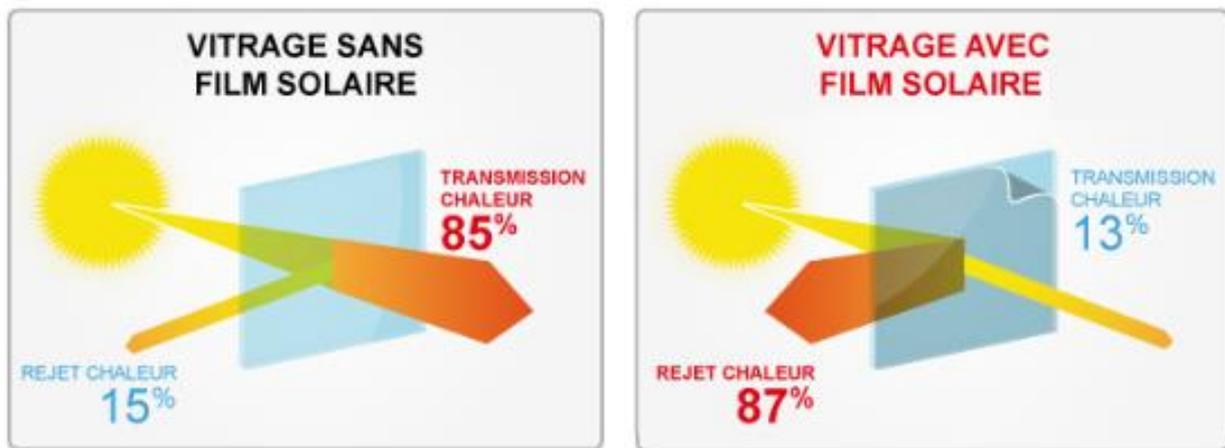
La « loggia » combine les pare-soleil horizontaux et verticaux. La protection solaire est bonne l'été, du Sud-Est au Sud-Ouest, et moyenne toute l'année à l'Est et à l'Ouest.

ATTENTION : Les **protections fixes** type « pergola » et « casquette » sont plus efficaces sur le plan thermique que les protections mobiles car elle ne nécessite pas l'intervention d'un usager. En effet, l'efficacité de l'« auvent » et des « BSO » dépend de l'intervention d'un usager. L'ombrage des protections fixes est toujours optimisé alors que l'ombrage des protections mobiles dépend des usagers. Si personne ne déploie l'auvent ou oriente le brise-soleil le rayonnement solaire traversera le vitrage.

2.4.3 - FILM SOLAIRE

Le film solaire pour vitre et vitrage rejette la chaleur qui passe à travers les vitres et fenêtres sans réduire la luminosité. Les films solaires anti chaleur réduisent aussi l'éblouissement liés aux rayons solaires. Le film de protection solaire pour vitre prend aussi différentes fonctions : le film anti chaleur protège efficacement de l'énergie solaire. La pose de film solaire adhésif pour fenêtre rend les pièces plus tempérées, les conditions de travail améliorées et la consommation d'énergie moins importante : Moins de climatisation l'été et moins de chauffage l'hiver. L'application peut se réaliser tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des vitres de vos fenêtres.

Si l'usage de ce type d'équipement solaire pour vitrage est à vocation saisonnière, alors un film solaire électrostatique peut être utilisé et repositionné selon l'intensité lumineuse et la saison.



2.5 - SYSTEMES SEMI-PASSIFS : VENTILATION ET HUMIDIFICATION

2.5.1 - VENTILATEUR : BRASSAGE D'AIR

Ventilateur plafonnier :

Le ventilateur plafonnier permet de brasser l'air et donne une sensation de fraîcheur pour une faible consommation d'électricité. Ce peut être une alternative intéressante à la climatisation dans des cas spécifiques. Pour ventiler suffisamment, les pâles ne doivent pas être trop près du plafond, et ne doivent présenter aucun danger pour les occupants (hauteur minimum réglementaire de 2,3 mètres). C'est pourquoi cet appareil est adapté à des pièces d'une hauteur sous plafond d'au moins 4 mètres.



Ventilateur directionnel :

Le ventilateur directionnel (portatif ou de bureau) est un moyen palliatif mais souvent appréciable pendant les très chaudes journées. 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 permettent de brasser l'air et donne une sensation de fraîcheur pour une faible consommation d'électricité.



A SAVOIR : Brasser l'air d'une pièce vide ne permettra pas de la rafraîchir, c'est donc inutile !

2.5.2 - VENTILATION NOCTURNE NATURELLE : FREE-COOLING NATUREL

Pour les périodes de fortes chaleurs, la ventilation nocturne d'été est utile et efficace dans les bâtiments qui possèdent deux façades opposées, pour favoriser la ventilation naturelle traversante. Créer un courant d'air la nuit, lorsque la température extérieure est basse permet de rafraîchir le une zone en évacuant la chaleur emmagasinée le jour. Pour cela, il est nécessaire d'ouvrir au moins deux fenêtres se situant sur des façades d'orientation différentes. La ventilation nocturne peut être réalisée entre 21h00 à 9h00 du matin, généralement de la mi-juin à la mi-août.

Il existe évidemment une série de contraintes à la réalisation et à l'efficacité d'une ventilation naturelle nocturne intensive. Citons notamment :

- Actions des usagers pour l'ouverture des fenêtres,
- Risques de sous-refroidissement des locaux, le matin,
- Intrusion (débris, animaux, ...)
- Inertie nécessaire des parois,



15

Deux méthodes pour réaliser un renouvellement d'air naturel :

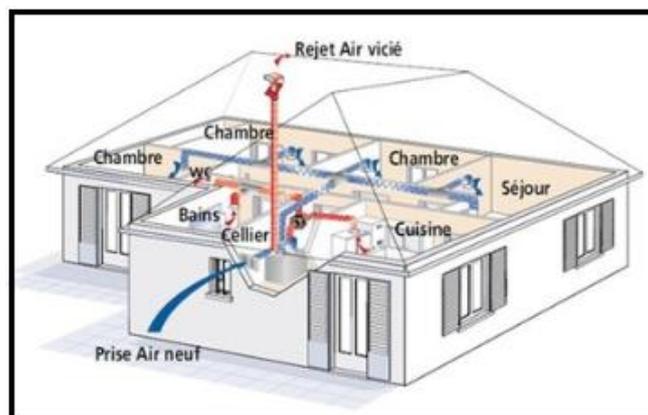
La **ventilation naturelle horizontale** : Il s'agit de créer un courant d'air entre deux ouvertures, de préférence à l'opposée l'une de l'autre, pour provoquer un mouvement d'air important. Ce déplacement se fait sur un même niveau.

La **ventilation naturelle verticale** : Nécessite la présence d'un étage pour utiliser la convection naturelle qui fait monter l'air chaud. Ainsi, la création d'un courant d'air entre les deux niveaux permet de faire entrer l'air frais par le bas, tout en veillant à l'évacuation de l'air chaud par les ouvertures à l'étage.

Avantages	Inconvénients
Aucune consommation d'énergie Débits en général très supérieurs aux débits des ventilations de confort	Débit d'air non régulier (dépend des conditions de vent et de température) L'efficacité dépend des utilisateurs Problématiques d'intrusion à gérer (animaux, vol) ou sinistre pluie

2.5.3 - SURVENTILATION NOCTURNE : FREE-COOLING MECANIQUE

Système similaire à la ventilation nocturne naturelle basé sur l'utilisation de l'air frais extérieur pour rafraîchir une zone. Cependant, contrairement à la ventilation naturelle qui réalise un renouvellement via l'ouverture des fenêtres, le renouvellement d'air en sur-ventilation s'effectue de manière mécanique (ventilateur) via les gaines du réseau de ventilation existant. En général, pour que ce système soit efficace, il est nécessaire d'augmenter le débit d'air ($Q_{\text{sur-ventilation}} \gg Q_{\text{hygiénique}}$) et donc de sur-dimensionner les réseaux et les ventilateurs.



ATTENTION : Pour des raisons d'inconfort (bruit, courant d'air, ...), ce système ne peut être mis en place que durant des périodes d'inoccupation. Donc pas possible dans des zones d'hébergement.

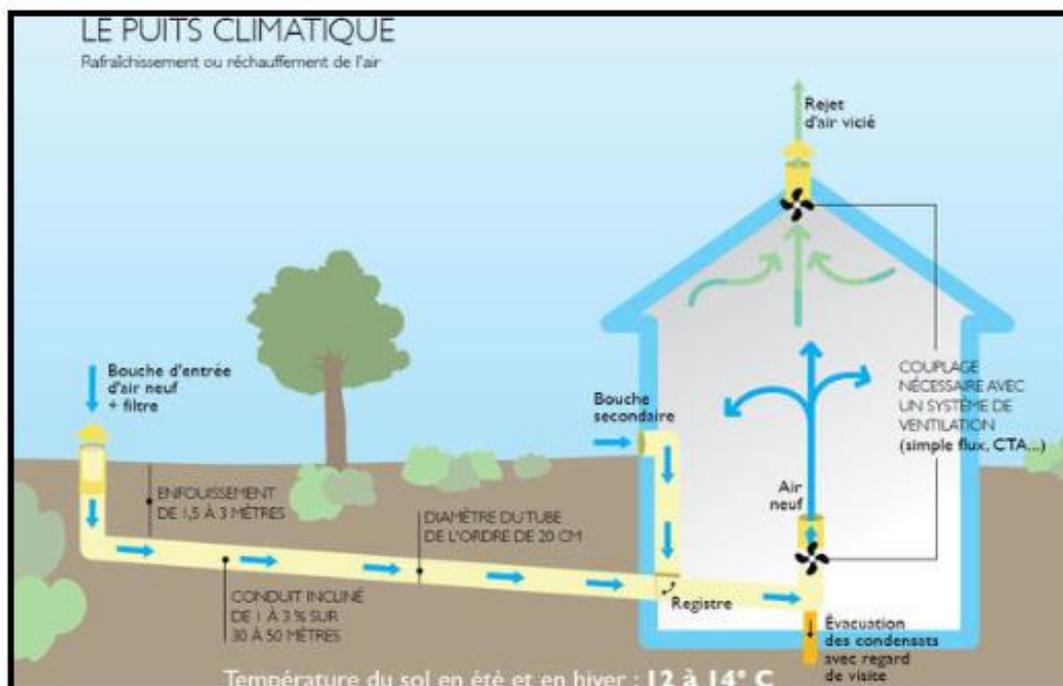
Avantages	Inconvénients
Les débits sont maîtrisés Les périodes de fonctionnement peuvent être programmées aisément par un régulateur ou une GTB	Les débits hygiéniques ne sont pas toujours suffisants pour obtenir un résultat satisfaisant Consommations énergétiques pouvant être importantes

2.5.4 - VENTILATION : PUIT CANADIEN

Le puits canadien est un procédé géothermique qui apporte une ventilation naturelle. Il profite de la température quasi constante du sol pour réchauffer ou refroidir cet air de renouvellement avant de l'insuffler dans le bâtiment.

En effet, la température du sol varie peu quelle que soit la saison et se maintient entre 10 et 15°C :

- L'hiver : Le sol est plus chaud que l'air extérieur, l'air se réchauffe et permet un préchauffage de l'air dédié au renouvellement d'air : On parle de **puits canadien**.
- L'été : Le sol est plus froid que l'air extérieur, l'air se refroidit et permet un rafraîchissement de l'air dédié au renouvellement d'air : On parle de **puits provençal**.



- Economie d'énergie : des économies d'énergie jusqu'à 20%,
- Confort : Permet de préchauffer en hiver et de rafraîchir en été,
- Ecologie : une énergie propre, gratuite et inépuisable,
- Coût énergétique : très faible par rapport à une climatisation classique,
- Coût de maintenance : très faible par rapport à une climatisation classique,
- Coût de fonctionnement : faible
- Intégration possible avec d'autres systèmes de climatisation,
- Coût d'installation,
- Radon,
- Installation soignée (éviter une stagnation des condensats, ...),



2.5.5 - HUMIDIFICATION : FONTAINE / MUR D'EAU

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

Evaporation naturelle :

Par forte chaleur et en climat sec, faire évaporer de l'eau apporte une fraîcheur agréable. L'évaporation naturelle (fontaine, mur d'eau, ...) 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).



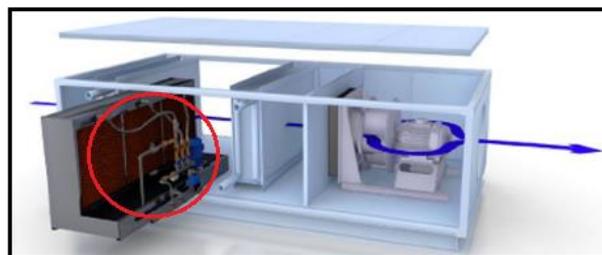
Evaporation provoquée :

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.

On utilisera : - soit un **humidificateur autonome** placé dans la zone à traiter,



- soit un **module d'humidification adiabatique** placé dans une centrale d'air,

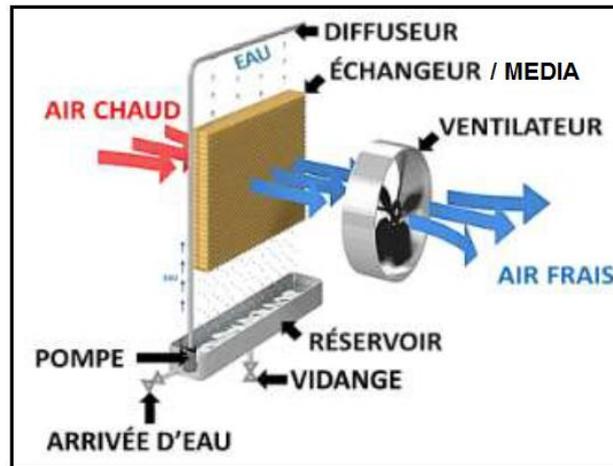


Le procédé de rafraîchissement par évaporation peut, dans certains cas, permettre un abaissement de la température de 7 °C.

A SAVOIR : Il est possible d'humidifier l'air pour le rafraîchir en étendant un linge humide, éventuellement aéré par un ventilateur, ou devant une fenêtre ouverte (ou fermée si forte chaleur).

2.5.6 - HUMIDIFICATION / VENTILATION : RAFFRAICHISSEMENT ADIABATIQUE

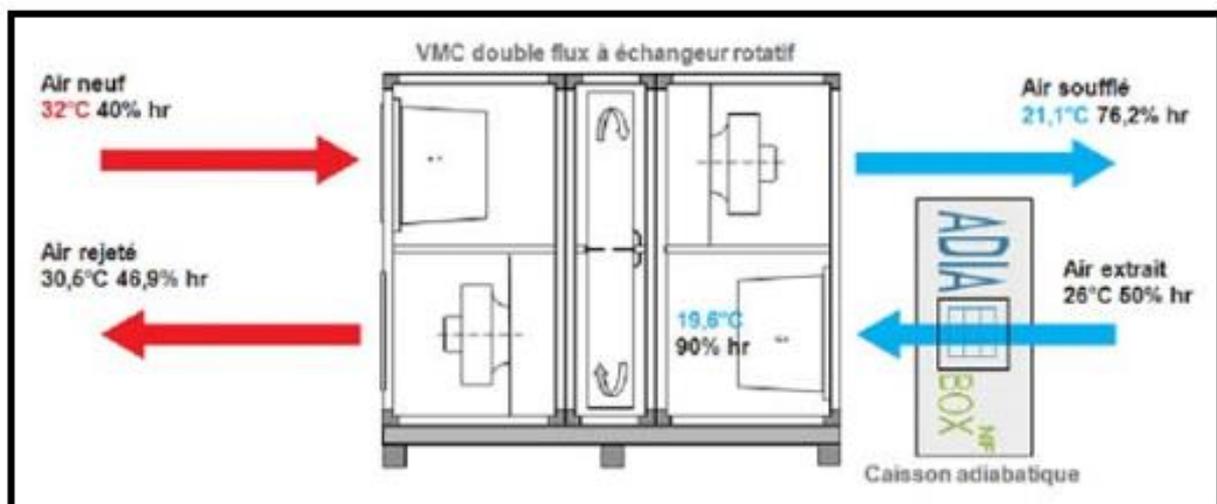
Le refroidissement adiabatique est un principe naturel de refroidissement. Également connue sous les termes « **rafraîchissement par évaporation** », cette méthode consiste à faire passer de l'air chaud et sec à travers un flux d'eau. Tandis que l'eau s'évapore, l'air se rafraîchit.



A SAVOIR :

- L'eau utilisée doit posséder une dureté entre $10 < Th < 15$.
- La maintenance dépend du type de média choisi (% carton), il existe 3 types de média.
- La régulation des systèmes a beaucoup évolué ces dernières années (Par exemple, les systèmes actuels ne fonctionnent plus à débit d'eau constant avec eau perdu mais avec des électrovannes proportionnelles et sans rétention d'eau).
- La maintenance est d'environ une fois par an avec remplacement du média tous les 6/7 ans.

Dans 90% des cas et du fait des faibles volumes intérieurs des locaux tertiaires (contrairement à l'industrie), les systèmes sont de type à « **Récupération sur air extrait** ». Cela évite d'avoir un air soufflé trop humide.



Cette solution présente plusieurs avantages :

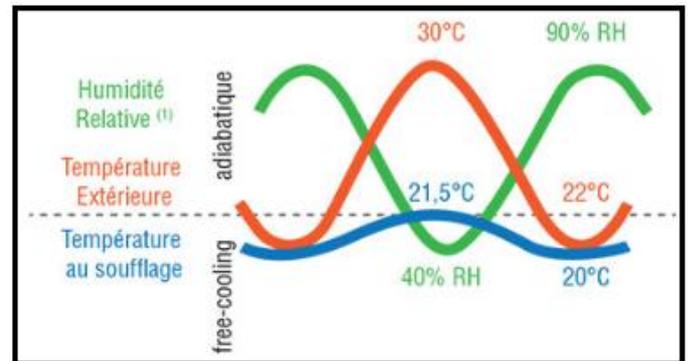
- La température de l'air soufflée est plus basse (pour un échangeur de bon rendement),
- La consommation d'eau est plus faible, car l'été la température à la reprise est souvent plus basse qu'à l'extérieur.
- Aucun rajout de vapeur d'eau dans l'air neuf.

Cette solution est donc particulièrement adaptée aux locaux recevant du public où la concentration de personnes (et donc de chaleur latente) est importante.

Plus l'air est chaud, plus le rafraîchissement est efficace. L'humidité relative (HR) baisse lorsque la température augmente. Le rafraîchissement sera donc maximum au moment où la température sera la plus élevée.

**Caractéristiques de fonctionnement
pour un débit de 10 000 m³/h**

T° extérieure °C	HR extérieure %	T° soufflage °C	P frigo kW	Conso d'eau moyenne par jour
25	50	19	20	< 0,5 m ³ /j (< 2 €/jour !)
30	40	21,5	28,3	
35	30	23,5	38,3	
40	20	24,7	51	



2.6 - SYSTEMES ACTIFS : CLIMATISATION PAR POMPE A CHALEUR

Si malgré l'application de toutes les solutions énumérées ci-avant, un inconfort estival persiste, la dernière alternative reste l'installation d'un système de climatisation.

Du simple appareil mobile aux installations sophistiquées qui climatisent tout un bâtiment, la gamme des systèmes de climatisation est vaste. Il est parfois difficile de se retrouver parmi la multitude de produits proposés.

2.6.1 - SYSTEMES INDIVIDUELS

Ce sont des appareils de taille relativement réduite. Un appareil climatise une seule pièce. On en distingue deux catégories :

Les monoblocs sont en général des produits peu coûteux, mais peu puissants et bruyants.



Les split-systèmes sont constitués de deux unités : L'une, à l'extérieur, pour évacuer l'air chaud, l'autre, à l'intérieur, souffler l'air rafraîchi. Les unités sont reliées par des tubes où circule le fluide frigorigène. Ce système est moins bruyant pour l'utilisateur car la partie bruyante (unité extérieure) est située à l'extérieur. Cet avantage peut devenir un inconvénient pour les voisins, surtout en immeuble.



Les appareils appelés « climatiseurs mobiles » ne sont pas à proprement parler des appareils de climatisation : pour laisser passer la gaine qui évacue l'air chaud (monobloc) ou les tubes de liaison (split), il faut laisser une fenêtre ou une porte entrebâillées, ce qui est incohérent avec le fonctionnement d'un climatiseur.

Ces systèmes sont les moins coûteux car ils ne nécessitent aucune installation. Cependant, ce sont aussi les systèmes les moins fiables, les moins performants et les plus énergivores.

ATTENTION : Souvent achetés dans l'urgence lors d'une vague de chaleur, auprès de non-professionnels de la climatisation, ils ne répondent pas de façon satisfaisante aux conditions particulières des zones à traiter.

Les « climatiseurs fixes » nécessitent une installation. L'unité intérieure peut être fixée au sol, au mur, en allège, en plafonnier, ... afin de s'intégrer au mieux à la zone traitée.

Pour réaliser une installation fiable et durable, il est nécessaire de faire appel à un spécialiste : il vous conseillera pour l'emplacement, la nature, la puissance de votre matériel, en fonction de vos besoins.

ATTENTION : Certains climatiseurs assurent également une fonction « chauffage », soit parce qu'ils sont réversibles, soit parce qu'ils sont équipés de résistances chauffantes (effet joule). En mode « Chaud », ces systèmes ne sont pas forcément adaptés aux besoins de chauffage réels de la zone.

2.6.2 - SYSTEMES CENTRALISES

Ces systèmes permettent de climatiser plusieurs pièces ou la totalité d'un bâtiment. Ils représentent un investissement important et nécessitent l'intervention de spécialistes compétents. Ils sont souvent réversibles (mode « chaud » ou mode « froid »).

Les principaux systèmes proposés sont :

Les « multi-split », qui peuvent être installés dans un bâtiment existant. Ils vous permettent aussi un équipement progressif, en fonction de vos disponibilités financières.



Les « pompes à chaleur réversibles », qui peuvent alimenter soit des ventilo-convecteurs / soit des cassettes plafonniers / soit un plancher rafraîchissant-chauffant / soit un réseau de gaines, coûteux mais performant, qui peut aussi assurer la ventilation et le renouvellement d'air d'une zone.

2.6.3 - EXIGENCES A AVOIR

Pour que la climatisation soit adaptée aux besoins, il est nécessaire d'y penser quelques temps à l'avance.

Ne vous précipitez pas sur des matériels bas de gamme au moment d'une canicule : Vous prenez le risque d'acheter des produits peu fiables, peu efficaces, gourmands en énergie, qui vous coûteront cher à terme. Fiez-vous à l'étiquette énergie pour repérer les équipements les plus sobres. Elle vous indique la classe énergétique de l'appareil (de A pour les plus performants à G), la consommation énergétique annuelle, la puissance, l'EER (coefficient d'efficacité frigorifique) et le niveau sonore.

Faites appel à des professionnels qualifiés pour l'achat et l'installation d'une climatisation. Les entreprises habilitées à intervenir sur des circuits frigorifiques doivent être déclarées en préfecture.

2.6.4 - ENTRETIEN

Vous pouvez souscrire un contrat d'entretien de votre installation auprès d'une entreprise spécialisée. Cependant, il n'existe pas encore de norme encadrant le contenu de ce type d'intervention, comme c'est le cas pour les chaudières.

2.7 - SYNTHÈSE DES SYSTÈMES ET TABLEAU COMPARATIF

CATEGORIE	SYSTÈME	SYSTÈME	EFFICACITE SUR CONFORT ESTIVAL	IMPACT SUR INTERVENTION DES USAGERS	IMPACT ECOLOGIQUE	INVESTISSEMENT	COÛT FONCTIONNEMENT	COÛT MAINTENANCE
SENSIBILISATION	-	PHYSIOLOGIE						
	-	EQUIPEMENTS						
ENVELOPPE / ISOLATION	PASSIF	TOTURE						
	PASSIF	MURS						
	PASSIF	PLANCHER BAS						
	PASSIF	VITRAGES						
	PASSIF	COULEUR DES SURFACES						
VEGETATION	PASSIF	HUMIDIFICATION						
	PASSIF	PROTECTION SOLAIRE						
	PASSIF	TOITURE VEGETALISEE						
	PASSIF	FACADE VEGETALISEE						
PROTECTIONS SOLAIRE	PASSIF	INTERIEURE MOBILE						
	PASSIF	EXTERIEURE MOBILE : AUVENT						
	PASSIF	EXTERIEURE MOBILE : BSO						
	PASSIF	EXTERIEURE FIXE : PERGOLA / CASQUETTE						
	PASSIF	FILM SOLAIRE						
VENTILATION / HUMIDIFICATION	SEMI-PASSIF	VENTILATEUR / BRASSAGE D'AIR						
	SEMI-PASSIF	EVAPORATION NATURELLE : FONTAINE / MUR D'EAU						
	SEMI-PASSIF	VENTILATION NATURELLE NOCTURNE						
	SEMI-PASSIF	SURVENTILATION MECANIQUE NOCTURNE						
	SEMI-PASSIF	PUIT CANADIEN						
	SEMI-PASSIF	EVAPORATION NATURELLE : RAFRAICHISSEMENT ADIABATIQUE						
CLIMATISATION	ACTIF	POMPE A CHALEUR						