

Quelques notions sur la thermique du bâtiment

« Il est utile de répéter que le rôle de premier d'un bâtiment est d'assurer à ses occupants un climat intérieur agréable et peu dépendant des conditions extérieure, notamment météorologiques et acoustiques. La qualité architecturale participe, à notre avis, aux conditions de confort ou réciproquement, le confort offert par un bâtiment est l'un des aspects de son architecture »¹.

Introduction :

Les différents éléments : soleil, pluie, vent...caractérisent les ambiances partout et tout moment. Une bonne conception du bâtiment est essentielle pour assurer le confort par l'utilisation judicieuse des dispositifs techniques, architecturaux et constrictifs, apportant les conditions thermiques les plus adéquats, tels que le type des protections solaires, inertie thermique suffisante, orientation, ventilation naturelle, charge interne électrique faible en été . La prise en compte de ces techniques, dès la phase amont de la conception, garantit non seulement le confort attendu mais évite le recours aux dispositifs actifs et qui seront coûteux pour rétablir le bien être des individus. Le confort thermique intérieur d'été de sa part, repose sur des principes notamment de protection contre les rayons solaires directs, alors que la stratégie nocturne s'appuie sur le principe de dissiper la chaleur emmagasinée dans la structure. Selon Izard J.L : *« L'architecte qui conçoit un bâtiment avec la volonté de maitrise les phénomènes thermiques qui s'y produisant en période chaude, a besoin d'informations relatives à la conception globale, celle qui lui permet de figer les grandes lignes de son projet »².*

La compréhension du concept climat représente un élément crucial dans la conception de l'espace habité, l'exemple du climat méditerranéen qui est caractérisé par une combinaison des valeurs élevées de température et d'humidité de l'air qui peuvent produire des conditions inconfortables en période d'été, des stratégies adéquates sont nécessaires afin de créer une symbiose parfaite avec l'environnement.

¹Roulet. Caude Alain, santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments, Edition presses polytechniques et universitaires romandes, CH-1015, Lausanne, 2004.p : 1

² Izard Jean-Louis, architecture d'été : construire pour le confort d'été, édition EDISUD, Aix de Provence, France, 1993, p : 83

III .1- Notion de chaleur et de température :

L'échange de chaleur dans le bâtiment s'effectue selon les quatre modes qui se produisent au niveau de l'enveloppe : la conduction, la convection, le rayonnement et l'évaporation ou condensation.

☛ **Conduction** : la conduction thermique est le mode de propagation de l'énergie thermique à travers les matières. Les éléments qui constituent les matières reçoivent et transmettent l'énergie aux éléments voisins par contact de molécules les plus chaudes avec les molécules les plus froides.

☛ **Convection** : il y a convection lorsque les molécules se déplacent d'un endroit à un autre et échangeant la chaleur qu'elle contient.

☛ **Rayonnement** : le rayonnement thermique est la transmission d'énergie thermique de surface à surface par onde électromagnétiques. Tout corps d'une température supérieure au zéro absolu émet de tels rayons qui se propagent dans l'espace, y compris dans le vide.

☛ **Evaporation ou condensation** : ce phénomène implique un changement d'état liquide ou gazeux et produit une absorption ou une émission de chaleur.

L'énergie solaire qui frappe un mur sous forme de rayonnement est absorbée par la surface et le flux de chaleur qui en résulte traverse le matériau par conduction, et si le mur contient un vide d'air le flux de chaleur la traverse par convection et rayonnement, et poursuit son chemin par conduction pour finalement être transmis à l'intérieur par une convection et aux surfaces intérieures par rayonnement

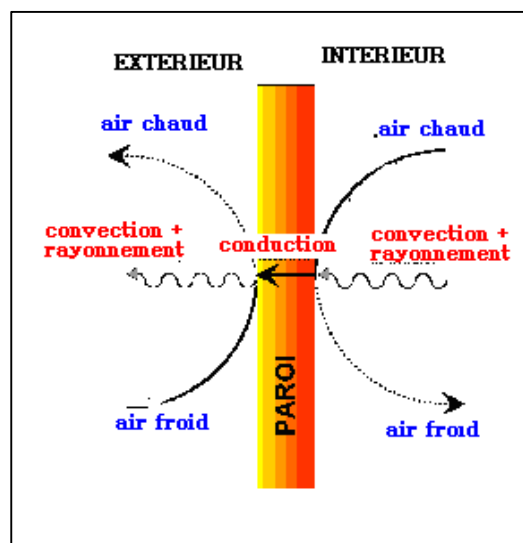


Figure-III. 1: les modes de transfert de chaleur à travers une paroi.

Source : www.bilan.thermique.com (consulter mars 2009)

III .2- Les éléments influençant sur la température intérieure :

Selon Izard J.L, la thermique du bâtiment est liée à plusieurs paramètres. La première typologie est représentée par les facteurs intrinsèques qui sont relatifs aux bâtiments, à titre d'exemple on cite la forme architecturale, l'orientation, protection solaire, isolation thermique, inertie thermique, et qui sont connus aussi sous le nom "les facteurs architecturaux".

Les autres paramètres sont extrinsèques comme la latitude (c'est-à-dire la quantité du rayonnement solaire), la nature d'occupation de l'espace par les usagers, les apports solaires... Se sont généralement les facteurs climatiques ou les sources de la chaleur.

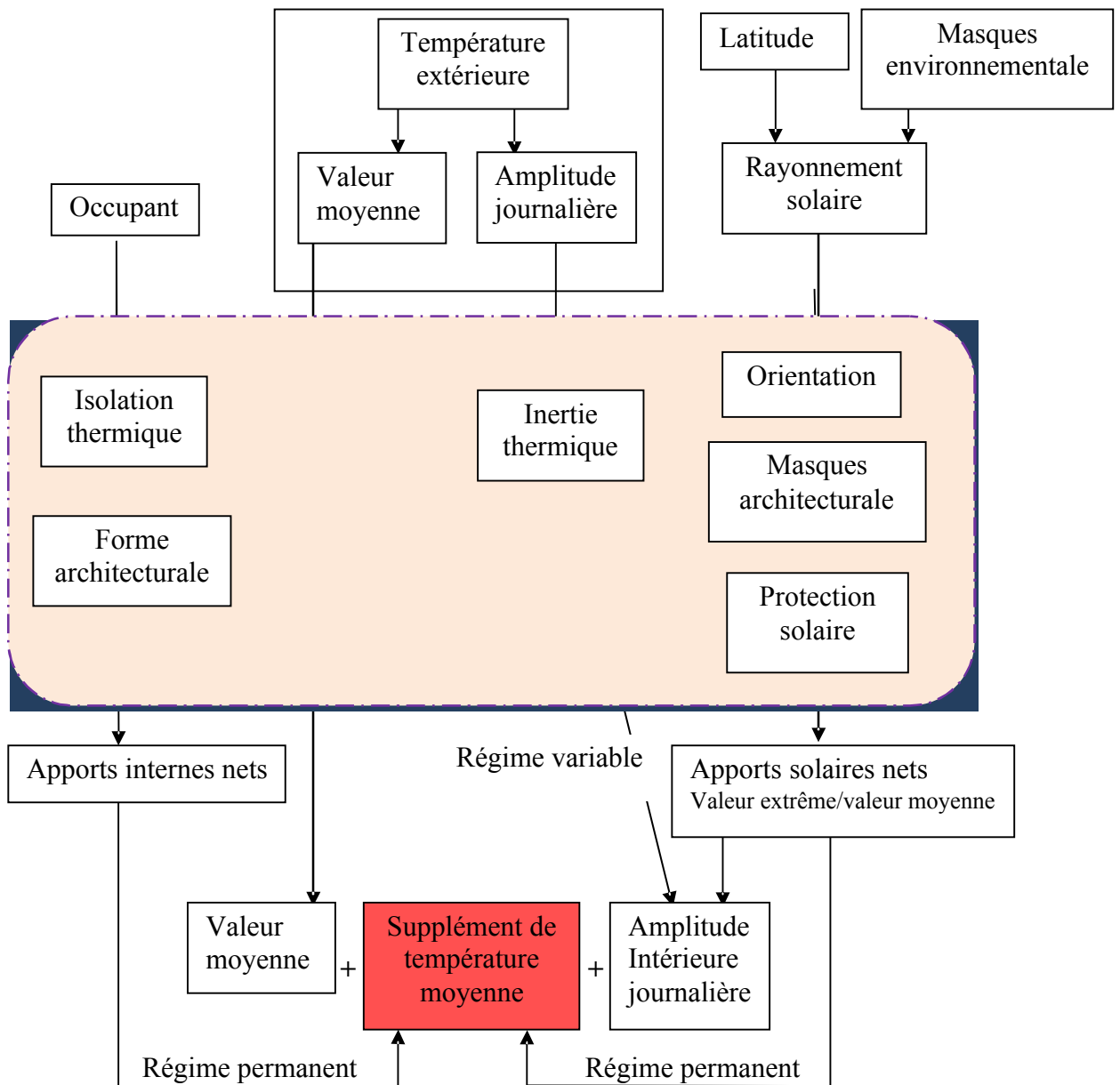


Figure-III. 2 : Les éléments influençant sur la température intérieure

Source : Izard JL, 1993, p : 21

III .2.1- Forme architecturale :

✦ **Forme en plan : selon Camous Roger, Watson Donald :**

« *L'optimum varie selon la latitude de lieu. Les rectangles allongés sont plus favorables dans les latitudes basses (1 :1,64 pour 26°N) et les plans plus carrés pour les latitudes élevées (1 :1,30 pour 48°N)* »³

✦ **Hauteur du bâtiment :**

La hauteur du bâtiment influe sur la qualité des ambiances à l'intérieur de l'espace habité, car ce paramètre agit sur la quantité des radiations reçues les murs. Selon Roger Camous :

« *En règle générale, pour un même volume habitable, un bâtiment situé dans le sud devrait être plus haut qu'un bâtiment situé dans les latitudes nordiques, si l'on tient au contrôle du soleil* »⁴.

✦ **géométrie de l'enveloppe :**

La taille et la géométrie du bâtiment conditionnent en partie les besoins de chauffage et de refroidissement. Des bâtiments mitoyens auront moins de déperditions thermiques par transmission que des bâtiments isolés. De même des bâtiments compacts par rapport à des bâtiments étroits avec beaucoup de décrochements. De même encore des bâtiments de grand volume (administratifs) par rapport à des petites villas.

Rapport surface au volume (RSV) :

Coefficient de forme représente le rapport entre la surface de l'enveloppe et le volume habitable (m^2/m^3), il indique le degré d'exposition du bâtiment aux facteurs climatiques, c'est un critère très important dans l'évaluation thermique de l'édifice mais délicat à appliquer car il dépend de plusieurs facteurs, tel que la forme géométrique, la taille et le mode de contact des bâtiments.

Ce rapport permet de comparer l'efficacité de différentes formes de bâtiment pour opter à un choix optimale, mais selon Roger Camous et al « *le rapport surface/ volume nous donne mesure de la performance thermique d'une enveloppe, mais n'exprime pas forcément une performance d'usage habitable* »⁵ c'est pour cela on fait recours toutefois à un deuxième rapport qui est le (RSSP) : surface de l'enveloppe/surface du plancher, plus le (RSSP) est faible plus il fournit une meilleur performance.

³ Camous Roger, Watson Donald, L'habitat Bioclimatique : de la conception à la construction, édition l'Étincelle, Montréal, Canada, 1979. p : 135

⁴ Camous Roger, Watson Donald, L'habitat Bioclimatique : de la conception à la construction, édition l'Étincelle, Montréal, Canada, 1979. p : 134

⁵ Camous Roger, Watson Donald, L'habitat Bioclimatique : de la conception à la construction, édition l'Étincelle, Montréal, Canada, 1979. p : 89

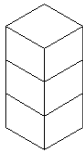
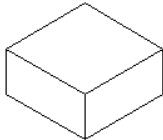
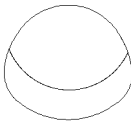
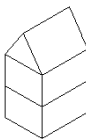

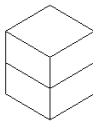
| Numéro du Cas | Le volume et les surfaces | RSV et RSSP |
|--|--|---|
| Cas N°1  | Volume total : 900m ³ Surface enveloppe : 460m ² Surface plancher Niveau 1 : 100m ² Niveau 2 : 100m ² Niveau 3 : 100m ² Total : 300m ² | RSV = 0,511 m ² /m ³ RSSP = 1,53 |
| Cas N°2  | Volume total : 900m ³ Surface enveloppe : 508m ² Surface plancher : 300m ² | RSV = 0,564 m ² /m ³ RSSP = 1,69 |
| Cas N°3  | Volume total : 900m ³ Surface enveloppe : 441m ² Surface plancher Niveau 1 : 125m ² Niveau 2 : 125m ² Total : 300m ² | RSV = 0,49 m ² /m ³ RSSP = 1,76 |
| Cas N°4  | Volume total : 900m ³ Surface enveloppe : 358m ² Surface plancher Niveau 1 : 179m ² Niveau 2 : 150m ² Total : 329m ² | RSV = 0,398 m ² /m ³ RSSP = 1,09 |
| Cas N°5  | Volume total : 900m ³ Surface enveloppe : 410m ² Surface plancher Niveau 1 : 150m ² Niveau 2 : 150m ² Total : 300m ² | RSV = 0,456 m ² /m ³ RSSP = 1,37 |
| Cas N°6  | Volume total : 900m ³ Surface enveloppe : 444m ² Surface plancher Niveau 1 : 150m ² Niveau 2 : 150m ² Total : 300m ² | RSV = 0,493 m ² /m ³ RSSP = 1,48 |

Tableau-III.1 : RSV et RSSP pour quelques formes

Source : Roger Camous, 1979, p : 89 et 90

D'après le tableau 1, le cas N°1 et 2 ont les mêmes volumes mais grâce à des conceptions différentes on remarque que le (RSV) du cas N°1 est plus petit que le cas N°2 et la même chose pour (RSSP). Aussi, la forme hémisphérique est encore mieux que la forme carré parce qu'elle contient le plus d'espace habitable pour moins de surface extérieure exposée aux fluctuations climatiques. L'exemple de l'igloo des esquimaux est souvent donné comme exemple à l'efficacité thermique de ce type de forme.

III .2.2- L'orientation :

L'orientation de chaque pièce répond à son utilisation, suivant que l'espace est chauffé, chauffant ou tampon. Le sud permet de tirer le meilleur parti de l'ensoleillement quand celui-ci est nécessaire à l'équilibre thermique du bâtiment.

L'exposition nord ne peut être retenue pour la façade principale en climat tempéré : elle est très défavorable en hiver ou en demi-saison. Elle est malgré tout bénéfique pour le climat chaud. Les expositions Est et Ouest sont à éviter : les rayons du soleil, matin et soir, donnent en plein sur les ouvertures qui sont difficiles à protéger. L'ouest est l'exposition la plus défavorable, car l'après-midi est le moment le plus chaud de la journée. L'exposition sud est intéressante car le soleil est haut et il est facile de s'en protéger. C'est l'exposition la plus favorable l'été après le plein nord, tout en étant la meilleure en hiver. L'orientation des pièces intérieures qui composent l'habitation dépend de type et de la durée d'utilisation de ces pièces.

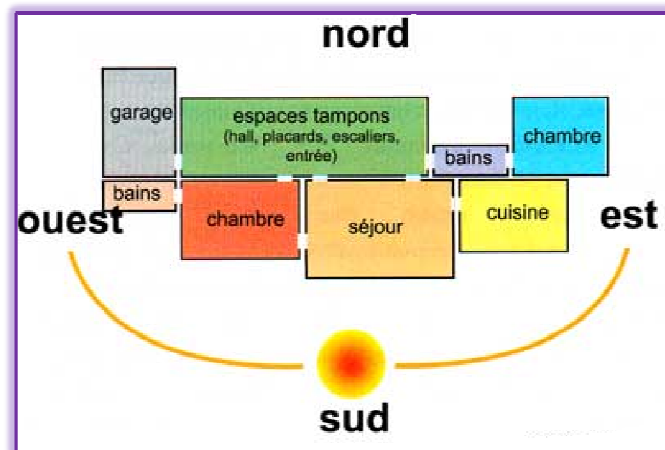


Figure-III. 3: L'orientation des espaces

Source : (ADEME)

III .2.3- L'inertie thermique :

L'inertie thermique est une grandeur qui caractérise le retard et l'amortissement que subit une onde thermique avant d'atteindre l'intérieur. L'inertie dépend de plusieurs paramètres à savoir : l'isolation thermique, les caractéristiques thermiques des matériaux de construction (conductivité thermique, chaleur spécifique, masse volumique). Une bonne inertie thermique est celle qui produit une ambiance thermique intérieure stable, non soumise aux variations des conditions extérieures.

Plus les murs sont épais et les matériaux lourds (béton, pierre, brique pleine, terre crue, etc.), plus l'inertie est grande, de ce fait, la construction se réchauffe et se refroidit lentement. Elle a deux caractéristiques :

- ✓ La diffusivité thermique : correspond à la vitesse d'avancement d'un front de chaleur à travers le matériau (unité : m^2/h). $a = \lambda / \rho.C$ Eq.1, Où :

λ : la conductivité du matériau ($W/^\circ C m$)

ρ : la masse volumique du matériau (Kg/m^3)

C : la chaleur massique du matériau ($W h/^\circ C Kg$)

✓ L'effusivité thermique : représente la capacité d'un matériau à absorber un flux de chaleur instantané (unité : $(W/^\circ C m^2)^{1/2}$). $b = (\lambda \cdot \rho \cdot C)^{1/2}$ Eq.2

D'après la figure 4, le décalage de temps entre l'évolution de la température intérieure et extérieure est de 8 heures, aussi l'amplitude interne est trois fois moins l'amplitude externe.

De ce fait, ce matériau joue un rôle important sur le déphasage et l'amortissement de l'onde thermique.

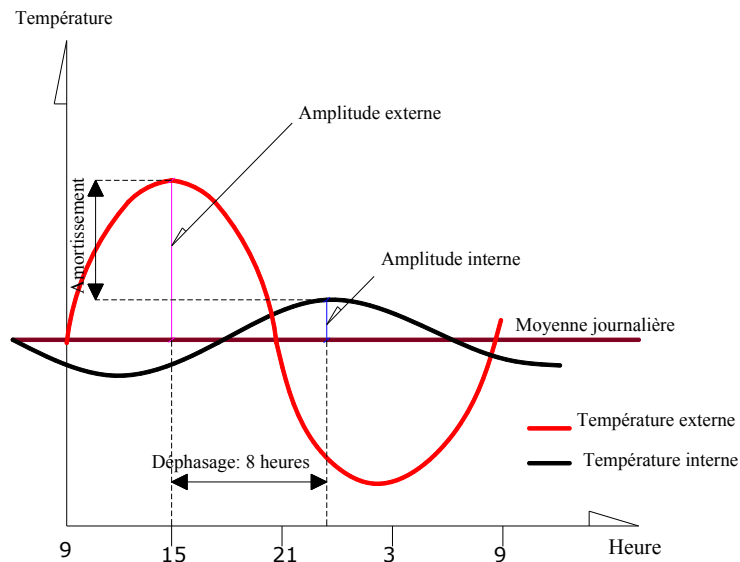


Figure-III. 4 : Déphasage et amortissement d'une onde de chaleur à travers un matériau homogène
 Source : ministère de l'habitat, Recommandations architecturales 1993 réadapté par l'auteur, P : 18.

III .2.4- Isolation thermique :

L'isolation thermique est un facteur essentiel à la maîtrise énergétique du bâtiment. Les pertes de chaleur à travers les murs extérieurs et les toits sont responsables de plus de 70% des pertes de chaleur dans les constructions actuelles. Elle conduit à un meilleur confort et une protection améliorée du bâtiment. Pour une meilleure isolation thermique il faut penser à :

- L'épaisseur de l'isolant et sa position dans le mur
- Les matériaux de construction utilisés

Dans le cas d'un bâtiment bien isolé, les ponts thermiques peuvent entraîner des déperditions de chaleur proportionnellement très importantes par rapport aux déperditions totales.

III .2.5- Systèmes d'occultation :

Izard J.L a défini la protection solaire comme étant l'ensemble des paramètres qui ont pour effet de contrôler les échauffements dus aux apports solaires, par les ouvertures, ou par les parois opaques. En conception, la meilleure protection solaire dans un bâtiment bien isolé et à apports internes importants, c'est de limiter la surface de vitrage.

Le rayonnement solaire pénétrant par les fenêtres « Il dépend des types d'occultation utilisés et dans une moindre mesure, de la composition du vitrage. Avec des protections extérieures de couleur sombre, moins de 10% du rayonnement incident parvient à pénétrer dans le bâtiment. En utilisant des protections intérieures, la proportion monte de 40 à 70% et sans protection, elle atteint 90 % »⁶

L'usage de contrôles solaires appropriés est très important. La projection d'une ombre adéquate réduit ce qui est un gaspillage inutile d'énergie utilisée pour refroidir un espace à grandes surfaces de vitrage sans protection. La protection est de ce fait une nécessité surtout sous certaines latitudes caractérisées par des conditions climatiques extérieures intenses.

Les systèmes d'occultation peuvent avoir plusieurs formes :

- ↻ Les éléments architecturaux tels que les balcons, débords de toiture
- ↻ Les protections solaires fixes
- ↻ Les protections intérieures comme les stores mobiles intérieurs
- ↻ Les protections végétales

Toute la difficulté du choix consistera à concilier la protection contre les surchauffes et un apport en éclairage naturel suffisant, quelle que soit la saison.

- ↻ Les protections solaires fixes :

Les protections extérieures seront toujours efficaces contre les surchauffes car elles arrêtent les rayons du soleil avant qu'ils n'atteignent le vitrage. Dans ce type on peut distinguer plusieurs types d'occultation : occultation horizontale, verticale et combiné, voir figures-III.5

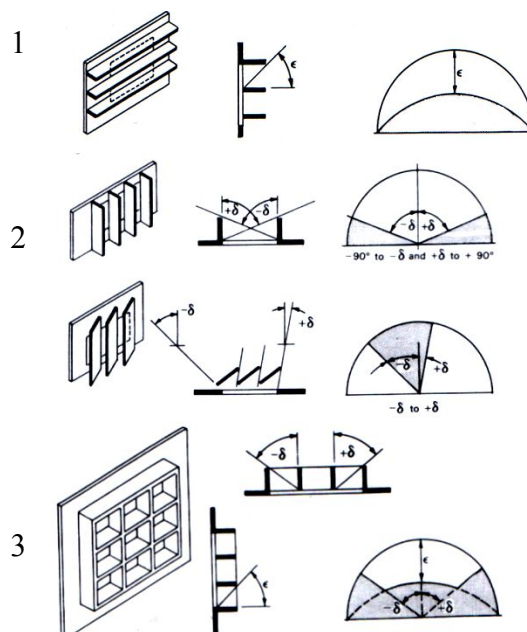


Figure-III. 5: Type d'occultation horizontale (1), verticale (2) et combinée (3).

Source : S V SZOKOLAY, 1980

⁶ GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur ; Paris, 1978. p : 322

Les protections intérieures ne seront efficaces contre les surchauffes que si elles repoussent les rayons du soleil ayant traversé le vitrage. Pour cela, elle doit être non absorbante et réfléchissante.

Systemes d'occultation naturelle :

Des végétations plantées à proximité du bâtiment peuvent participer à la gestion des apports solaires. Les arbres à feuilles caduques ont l'avantage de perdre leurs feuilles et de permettre ainsi l'exposition au soleil en hiver.

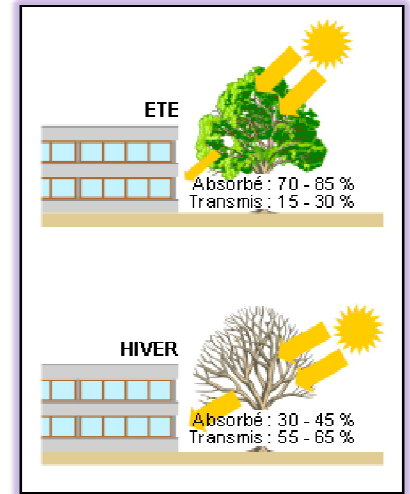


Figure-III. 6: L'occultation naturelle
 Source : CD- Rom : réalisé par Architecture et Climat, 2001

III .2.6- Les apports solaires :

Les apports solaires sont principalement transmis par les fenêtres, ils constituent la principale source de chaleur dans l'habitat, ces apports dépendent de plusieurs facteurs à savoir : l'orientation et la taille de la fenêtre, les caractéristiques du vitrage (épaisseur, facteur solaire) et l'inclinaison de la paroi.

Une étude du centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) montre l'effet de l'orientation des baies vitrées sur les besoins en chauffage annuels. La façade qui demande moins d'énergie est la paroi sud, ainsi les fenêtres Est et Ouest peuvent encore être appelées fenêtre capteur. (Voir figure-III.7).

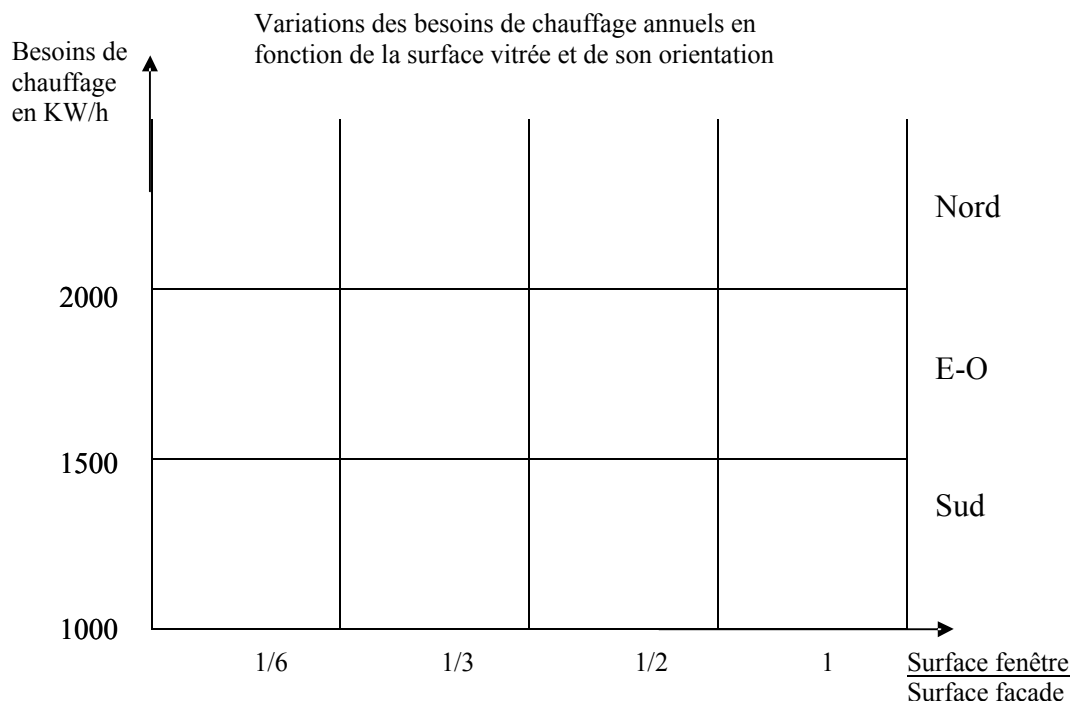


Figure-III. 7: l'effet combiné de l'orientations et le rapport entre la surface de la fenêtre / la surface de la façade
 Source : brochure construire avec le climat p : 14

III .2.7- Les apports internes :

Se sont toutes les gains de chaleur provenant de l'homme, des appareils électriques, de l'éclairage et l'évaporation de l'eau. L'efficacité des apports internes est conditionnée par la saison, car ils sont bénéfiques en hiver mais en période estivale peuvent conduire à une élévation excessive de la température ambiante et donc à une sensation de l'inconfort. On peut dire que ces apports sont inévitables dès lors que les bâtiments sont habités.

Selon De Herde .A, Liébard. A, la présence humaine s'accompagne d'une production de chaleur et d'humidité. L'évacuation de cette chaleur se fait de manière continue, essentiellement par convection (35%), rayonnement (35%) et par évaporation (25%), selon les conditions de température l'air, l'humidité relative et l'activité de l'individu. Encore, selon Izard J.L, ces apports représentent 90 W/h de surface habitable.

III .2.8- Le zonage thermique et les espaces tampons :

Cloisonner des espaces en différentes zones permet de créer des espaces protecteurs et des ambiances thermiques différentes mieux appropriées à leurs utilisations propres.

Pour un climat tempéré et froid la façade Sud d'un bâtiment est un bon emplacement pour les pièces à vivre pendant la journée car :

- ↻ L'hiver : bon captage solaire
- ↻ L'été : protection solaire simple par auvent, masque horizontal, végétaux, etc...
- ↻ En demi-saison : prolongement agréable vers l'extérieur.

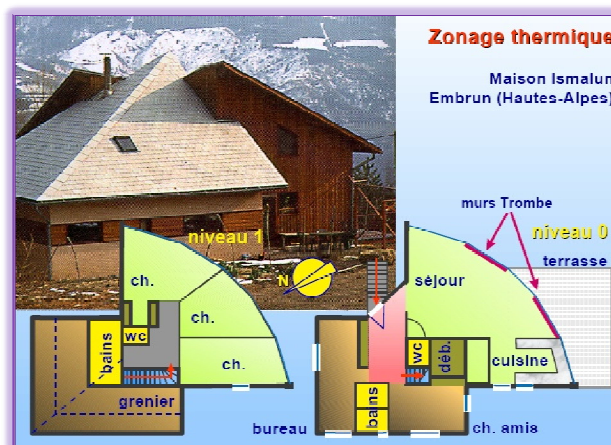


Figure-III. 8: Le zonage thermique (climat froid)

Source : Alain Liébard et André de Herde, 2005

Du point de vue thermique on aura avantage à regrouper les locaux présentant des niveaux de température et des durées d'occupation comparables.

III .2.9- Les caractéristiques thermiques des matériaux de construction :

Les éléments de la construction interviennent directement dans le régime du processus d'échange thermique entre l'ambiance intérieure et celle de l'extérieure. La quantité du flux

de chaleur qui passe à travers une paroi dépend de plusieurs propriétés thermiques et qui influent sur le degré de confort intérieur :

- ↻ La conductivité thermique (λ) : est la propriété du matériau qui détermine le flux de chaleur qui, par unité de temps, traverse une unité d'épaisseur d'une unité de surface de matériau soumis à un gradient de température égal à l'unité. La conductivité thermique s'exprime en $W/m^{\circ}C$.
- ↻ La résistance thermique est l'inverse de la conductivité thermique $1/\lambda$, on parle d'une résistance élevée lorsque le matériau est un bon isolant thermique.
- ↻ La chaleur spécifique, est la quantité de chaleur nécessaire pour chauffer un kilogramme de matériau de 1 degré.
- ↻ La masse volumique, est la masse d'un mètre cube de ce matériau.

III .2.10- Les ponts thermiques :

Les ponts thermiques sont des défauts dans l'enveloppe isolante, ils sont dû à des contraintes géométriques ou constructives, responsable de provoquer plusieurs problèmes à savoir l'inconfort (la présence des parois froides), perte de chaleur supplémentaire, risque de condensation et de moisissures.

III .2.11- La couleur des parois :

Selon Givoni : « *Ce paramètre varie avec le facteur d'absorption (couleur) des surfaces externes; les surfaces blanches absorbent seulement à peu près 15 % du rayonnement incident; les couleurs claires ordinaires, telles que le blanc crème ou le gris clair absorbent 40 à 50 %, les couleurs sombres moyennes (gris foncé, vert, rouge, etc) 60 à 70 % et les surfaces noires 80 à 90% »⁷*

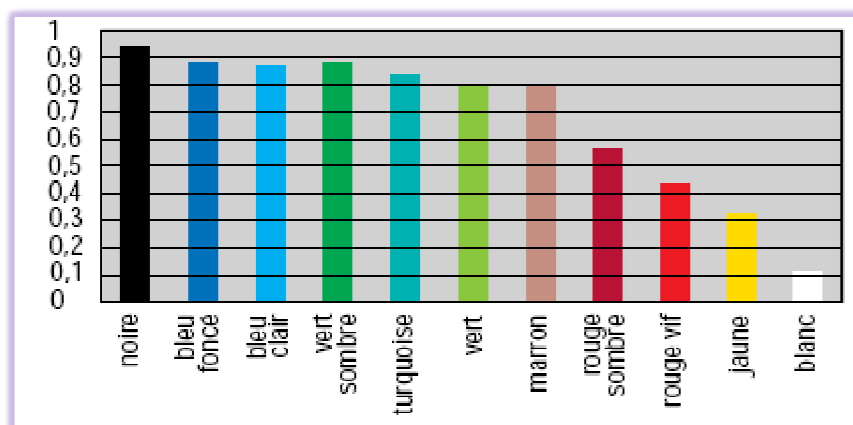


Figure-III. 9: Valeur du coefficient d'absorption (a) pour des laques cellulosiques

Source : www.arena.fr

⁷ GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur; Paris, 1978, p : 322

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 le béton neuf, il devient supérieur avec le vieillissement.

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 réfléchie du rayonnement renforçant les apports thermiques et lumineux à travers les baies vitrées »*⁸.

III .2.12- La ventilation :

La santé et le confort pour les habitants sont les objectifs les plus importants de la conception de toute construction. La qualité de l'air intérieure notamment est indispensable. Celle-ci n'est atteignable que si l'air vicié est régulièrement échangé contre de l'air neuf. La ventilation assure continuellement une parfaite qualité de l'air interne et cela indépendamment des conditions climatiques externes. En plus, les avantages de la ventilation se manifestent sous plusieurs niveaux, l'évacuation des surchauffes dues aux apports solaires ou internes, ainsi l'amélioration de la sensation thermique en augmentant les échanges par convection entre l'homme et l'ambiance. Encore, le maintien de la qualité de l'air dans le bâtiment.

La ventilation nocturne sert à décharger la chaleur emmagasinée dans le bâtiment durant la journée, et l'idéal est d'avoir une ventilation transversale (traversant toute l'habitat).

Il faut donc réduire au minimum les entrées d'air chaud durant la journée et favoriser un renouvellement d'air important.

*« Avec une ventilation transversale efficace, les vitesses moyennes d'air intérieures peuvent atteindre 60% , et la vitesse maximale 120% de la vitesse du vent non perturbé à l'extérieur. S'il n'y a pas de ventilation transversale, même lorsque les fenêtres sont ouvertes, la moyenne peut tomber à 15% et la vitesse minimale à 10% »*⁹

⁸ www.arene.fr consulté le 12/22/2009

⁹ GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur; Paris, 1978, p : 322

III .3- Confort thermique d'été :

En été, le principe réside sur le refroidissement qui consiste à mettre au profit tout phénomène abaissant la température intérieure et sera encore mieux si on ne consomme pas l'énergie.

En premier lieu il est indispensable de limiter des apports thermiques solaires et internes. En plus d'une bonne isolation de l'enveloppe, le zonage thermique et la géométrie de l'enveloppe constituent des éléments permettant de stabiliser la température intérieure dans la période chaude. La stratégie d'été est basée sur le principe du froid, elle est regroupé en cinq actions : éviter, protéger, minimiser, dissiper, refroidir. Pour cela le concepteur peut jouer au maximum sur ce qui améliore le confort thermique par des stratégies thermiques et principes de conception pour l'espace habité. On peut résumer dans ce qui suit les principales actions à procéder pour éviter les surchauffes dans la période chaude.

✦ Protéger le bâtiment :

Il s'agit de protéger la construction de l'ensoleillement direct afin de limiter les gains de chaleurs par des écrans permanent, amovibles ou saisonniers (par exemple : des brise-soleils verticaux à l'Est et à l'Ouest et des brise-soleils horizontaux au Sud). Afin de limiter l'accumulation de la chaleur à l'intérieur du bâtiment, une isolation et une inertie thermique efficace sont indispensables dans cette action.

✦ Minimiser les apports internes :

Minimiser les apports internes vise à minimiser les apports thermiques provenant de l'occupation des usagers et leurs utilisations de l'énergie dans l'habitat.

✦ Dissiper les surchauffes :

Il s'agit de dissiper l'air chaud rentré dans l'habitat pendant la journée, ou l'air chaud produit par les activités à l'intérieur. La disparition des surchauffes dans la construction peut être par la ventilation naturelle nocturne (l'air est plus frais que pendant la journée), car la ventilation nocturne permet de rafraîchir les matériaux intérieurs ayant une forte inertie par absorption, leur permettant d'emmagasiner du frais la nuit et de le rendre la journée mais l'idéal est d'avoir une ventilation transversale (traversant toute l'habitat). On peut aussi avoir une ventilation verticale et profiter d'un thermosiphon naturel.

✦ Refroidir les locaux :

Le refroidissement dans l'habitat se fait par plusieurs dispositifs naturel, telle que la ventilation naturelle surtout la ventilation naturelle nocturne afin de déstocker la chaleur emmagasinée pendant la journée. La présence de l'eau (bassin, tissu humide, fontaine etc.) ou encore par la présence de la végétation peut améliorer la qualité d'ambiance thermique.

↳ Éviter la chaleur :

Il s'agit d'éviter le transfert de la chaleur vers l'intérieur par les matériaux (l'isolation des murs et les toitures), ainsi par la ventilation des espaces sous-toiture et encore par la présence des végétaux, sur les murs verticaux ou par des toitures végétalisées.

La figure (III.10) illustre les différentes actions pour améliorer les conditions d'ambiance à l'intérieur de l'espace habité pendant la période estivale.

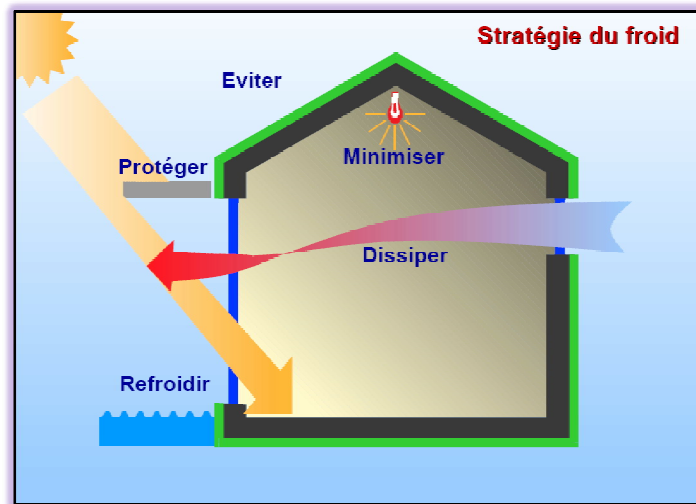


Figure-III. 10: Les principes du confort d'été

Source : Liébard et De herde, 2006

III .3.1- La ventilation naturelle :

La ventilation joue un rôle primordial dans le confort thermique des usagers pour l'améliorer on augmente les pertes de chaleur du corps et en le protégeant de la moiteur de la peau qui provoque l'inconfort. Aussi, elle maintien de la qualité de l'air dans le bâtiment par l'effet de renouvellement de l'air vicié intérieur pour garantir un climat intérieur sain et agréable à travers l'apport d'oxygène pour les occupants et l'évacuation des odeurs et de la vapeur d'eau. Encore, elle a un effet sur le refroidissement de la structure du bâtiment lorsque la température intérieure dépasse celle de l'extérieure de façon à évacuer les calories stockées dans les murs. Et donc minimise les consommations d'énergie.

En été, la ventilation naturelle est l'un des moyens les plus simples de contribuer au confort thermique des usagers d'un bâtiment, selon une étude d'ARENE, 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. La ventilation est conditionnée par les éléments suivants :

- L'orientation par rapport à la direction du vent.
- La position les ouvertures sur les façades.
- Dimensionner des ouvertures et les dispositifs qui favorisent les écoulements d'air dans les espaces intérieures.
- L'éloignement du bâti par rapport aux obstacles de l'écoulement du vent.

Pour le confort thermique d'été deux types de ventilation sont nécessaires afin de rétablir la sensation de bien être, et qui sont : la ventilation transversale et la ventilation nocturne.

➤ La ventilation transversale :

« Ventilation transversale recouvre les conditions où un espace donné est mis en contact au moyen d'ouvertures à la fois avec une zone de surpression et une zone de dépression extérieure »¹⁰

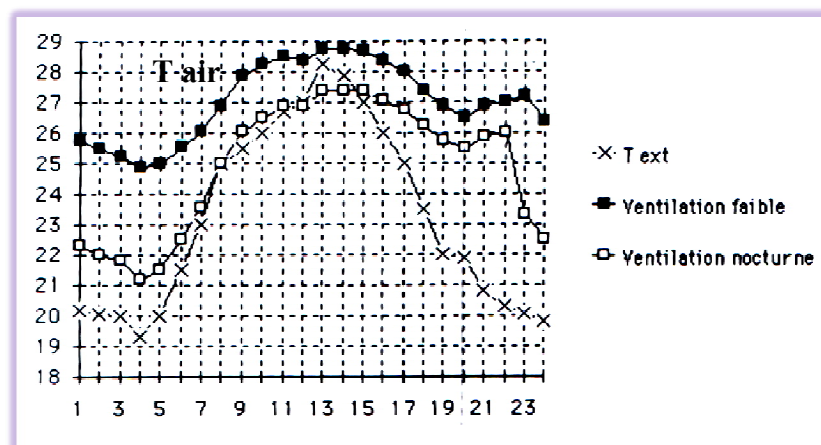
D'après une étude faite par Givoni sur un ensemble des pièces carrées où il a mesuré la vitesse de l'air à l'intérieur de la pièce en changeant la position des fenêtres sur les murs et la direction du vent. Il a trouvé que lorsque la pièce n'est pas ventilée transversalement, la vitesse moyenne intérieure est plutôt faible, surtout avec un vent perpendiculaire à l'entrée.

➤ La ventilation nocturne :

Le principe de la ventilation nocturne d'après Izard J.L est intéressant dès lors qu'il y a un abaissement de la température de l'air extérieur pendant la nuit. Ce qui provoque une réduction de la température de l'air intérieur.

L'objectif principal de la ventilation naturelle est de produire des conditions thermiques intérieures confortables.

Le graphe suivant (III.1) montre cet effet de la ventilation nocturne (de 22h à 8h) pour une construction d'inertie moyenne où les températures intérieures sont diminuées de 3 à 4°C.



Graphique-III.1 : Effet de la ventilation nocturne sur la température d'air intérieure.

Source : IZARD.J.L, 1993. P ; 63

II .3.2- Inertie thermique :

L'inconfort d'été provient le plus souvent d'excès de vitrages, protections solaires insuffisantes ou inefficaces, ouverture des fenêtres en journée. Pour réduire l'amplitude d'un flux thermique, les parois d'enveloppe devront présenter une faible diffusivité et une

¹⁰ GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Éditions du Moniteur ; Paris, 1978, p : 307

effusivité. Comme l'utilisation de la pierre dure (diffusivité= $11.1 \text{ m}^2/\text{h} \cdot 10^{-4}$ et une effusivité $=87(\text{W}/^\circ\text{Cm}^2)^{1/2}$)

En été, les apports thermiques extérieurs sont très importants et variables dans le temps, le flux de chaleur pénétrant à l'intérieur du bâtiment est dû aux apports thermiques transmettent les parois opaques et le vitrage. Des solutions adéquates servent à minimiser ces apports à travers l'utilisation d'une forte inertie, d'autres techniques passives peuvent améliorer la qualité thermique du bâtiment d'une forte ou moyenne d'inertie : ne pas ouvrir les fenêtres aux heures chaudes, l'utilisation de protections solaires contre l'ensoleillement en laissant juste la lumière nécessaire à un éclairage naturel.

II .3.3- Limiter les apports solaires en été :

La puissance solaire est influencée par les dimensions des baies exposées au soleil et de leurs orientations, la nature de vitrage, la protection solaire et la gestion des occupants (fermer/ouvrir les ouvertures).

↪ Protections solaires :

Il faut protéger la maison du rayonnement solaire par des protections solaires mobiles ou fixes en été, ici, la stratégie d'hiver (capter le soleil) doit être inversée. Les effets thermiques d'une paroi dépend de la présence d'une occultation ainsi des propriétés spectrales du verre.

Les façades d'orientation proche du sud peuvent être protégées par des auvents, des débords de toiture (voir figure-III.11). Quant aux façades Est et Ouest, où le soleil est plus bas, la végétation peut constituer un excellent pare-soleil qui ombre en été et laisse passer le rayonnement solaire en hiver. Une attention particulière devra être portée pour ne pas contrarier la recherche d'ensoleillement en hiver.

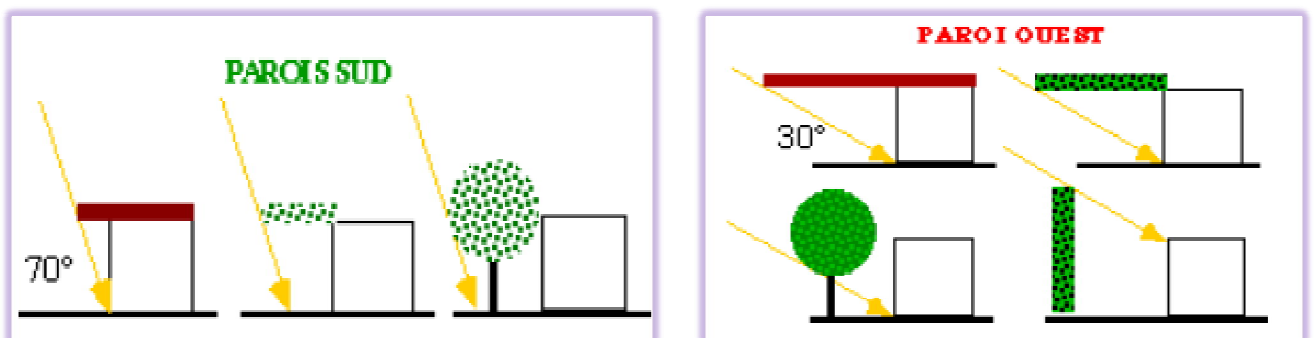


Figure-III. 11: Solutions de protection solaire pour une paroi Sud (à gauche) Ouest (à droite).

Source : GROUPE ABC, 1999

↪ Le vitrage :

Les vitrages, de par la forte conductivité, sont à la fois une source d'apports énergétiques (par effet de serre), mais aussi de pertes de chaleur suivant leur exposition et l'heure de la journée. Dans la période chaude, la fenêtre source d'éblouissement, gain direct,

et donc le surchauffe. Ils ont donc une influence sur le confort thermique. La stratégie pour éviter le surchauffe par l'usage de protections solaires, utilisé des verres "protecteurs", réfléchissants, isolants, etc...Au contraire, ils ont tendance à davantage conserver la chaleur en été et donc contribuent à l'augmentation de chaleur dans les locaux.

Comme les autres vitrages, ils doivent être équipés de protections solaires efficaces.

III .3.4- L'orientation du bâtiment : la conception d'un bâtiment, son orientation influence notablement sur son comportement thermique, en été ou en hiver par l'exposition au soleil, par la protection ou l'exposition au vent. Les orientations les plus défavorisées en période d'été sont ; l'orientation Est et Ouest, car elles sont difficiles à protéger.

III .3.5- La réduction des apports internes : Selon Izard les apports internes « *Cette valeur correspond à une élévation moyenne de température de l'ordre de 1°C si le logement est peu ventilé (1 volume/h), inférieure à 0,5 °C si le logement est bien ventilé. Il faut noter que ces valeurs sont très variables selon le comportement des occupants* »¹¹.

III .3.6-Conception adaptée : la compacité du bâtiment joue un rôle important, plus la forme est compacte, plus en minimise les surfaces exposées aux rayons solaires directes ou diffuses. Et cela est encore valable pour la période froide, car cette compacité réduit les pertes de chaleur.

III .3.7-Traitement des espaces extérieurs :

L'ambiance thermique intérieure est forcément influencé par les fluctuations climatiques extérieures, de ce fait, bien aménagées l'environnement proche du bâtiment considère un élément favorable d'atténuer la chaleur estivale. L'action des aménagements peut avoir plusieurs objectifs soit par l'utilisation du bâti ou les végétations à travers la création d'ombrage et donc limiter l'insolation, le ralentissement, l'accélération des vents pour favoriser la ventilation naturelle, la modification du degré d'hygrométrie, le stockage et la diffusion de chaleur. La prise en compte de l'environnement dans la conception d'un projet devra avoir pour objectif de maîtriser les interactions des aménagements et des microclimats pour minimiser les contraintes climatiques, visuelles, acoustiques... tout au long de l'année. La finalité du traitement des espaces extérieurs est bien de créer des espaces confortables autour des bâtiments. Mais aussi créer un environnement agréable pour la vie intérieure. Selon David Wright : « *on peut apporter de la fraîcheur dans une construction en maîtrisant le microclimat existant aux abords, des arbres et arbustes plantés aux bons endroits ombrageront la bâtisse et le terrain environnant et gêneront la formation de chaleur solaire. On peut disposer la végétation et les bâtiments de façon à canaliser les brises de*

¹¹ Izard Jean-Louis, architecture d'été : construire pour le confort d'été, édition EDISUD, Aix de Provence, France, 1993, p : 16

rafraichissantes qui traversent ou enveloppent les locaux. Bassins, fontaines, ou jets d'eau aspergeant la végétation, bien situés au vent des bâtiments, rafraichissant l'air ambiant et augmentent sa capacité de transport calorifique avant son entrée dans la construction»¹².

La figure 12 explique quelques stratégies le refroidissement en espace extérieur proposées par ARENE.

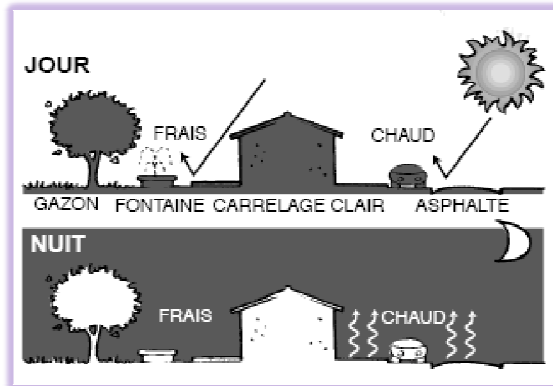


Figure-III. 12: Quelques techniques pour le refroidissement en espace extérieur (climat méditerranéen)

Source : Publication, ARENE

III .4- Les outils architecturaux en climat méditerranéen

L'architecture bioclimatique sert à adapter l'habitat à chaque climat et cela procure des réponses pour un meilleur confort thermique. En climat méditerranéen, très chaud et ensoleillé en été, avec une faible amplitude diurne, une bonne conception est d'autant plus importante. En été, le climat méditerranéen se caractérise par le taux d'humidité élevée alors que la vitesse de l'air est faible, selon Givoni, la valeur de ce dernier se descend surtout en soirée à 1.5 m/s et à peu près nulle la nuit.

Le confort estival suppose donc une bonne gestion et utilisation des dispositifs du bâtiment (protections solaires, ventilation, refroidissement passif...).de ce fait, la ventilation naturelle présente comme le meilleur remède pour combattre les taux élevés d'humidité qui caractérise le climat méditerranéen.

Les outils architecturaux susceptibles d'allier une bonne conception architecturale au climat méditerranéen sans engendrer des mutations négatives au sein de l'environnement se présentent comme suit :

D'après le diagramme de Givoni le climat méditerranéen correspond à la zone (V) selon les conditions d'été donc la stratégie est de favoriser une ventilation naturelle pour rétablir le confort thermique d'été. Il a dit : *« la contrainte thermique psychologique que l'on rencontre dans ce climat n'est pas très importante, mais la moiteur de la peau y constitue la principale cause d'inconfort. Cela signifie encore plus la nécessité d'une bonne ventilation »¹³.*

¹² David Wright, Soleil, nature, architecture, éditions Parenthèses, New York, 1978.p : 208

¹³ GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur ; Paris, 1978, p : 368

« Pour obtenir une ambiance intérieure confortable pour les températures et les vitesses d'air rencontrées pendant l'été dans les bâtiments construits sous ce climat, les températures des plafonds et des faces internes des parois extérieures ne doivent pas dépasser la température de l'air extérieure, particulièrement en soirée et en nuit »¹⁴

- ✿ Étant donné que la vitesse de vent pendant la soirée et la nuit dans ces régions est très faible, la principale considération est d'assurer un rapide refroidissement de l'intérieur pendant la soirée et de prendre en compte les directions locales du vent à ces heures.
- ✿ Ainsi, la hauteur des bâtiments par rapport au sol détermine grandement leurs possibilités de ventilation. Ainsi des bâtiments qui s'élèvent au-dessus des niveaux des arbres environnants permettent une meilleure ventilation que des immeubles à un seul niveau.
- ✿ Il est encore intéressant d'assurer une bonne protection des fenêtres, il s'agit donc de minimiser l'impact du rayonnement solaire lorsque les couleurs extérieurs ne peuvent pas être blanches. « La conception architecturale des bâtiments doit garantir une ventilation transversale pour toute pièce habitable, soit directement, soit par l'intermédiaire d'autres pièces qui peuvent être maintenues ouvertes si nécessaire. Tous les plans types dans lesquels certains logements ne sont exposés qu'à la zone de dépression du bâtiment sont à éviter dans ce type de climat. On peut obtenir une ventilation efficace même avec des ouvertures relativement petites, pourvu que leur position par rapport au vent soit favorable....lorsqu'il n'est pas possible d'assurer une ventilation transversale convenable, de grandes ouvertures peuvent aider à refroidir le bâtiment en soirée, mais alors la question de leur protection devient prioritaire »¹⁵.
- ✿ Utiliser des matériaux tels que la brique, le béton, les agglomérés d'agrégat creux, le béton cellulaire et des panneaux isolés peuvent donner entière satisfaction dans ces régions.
- ✿ Selon une étude faite par le groupe ABC, les orientations pour le climat méditerranéen en été sont classées suivant leurs apports solaires, alors, l'orientation Ouest dans ce type de climat est la plus défavorable, bien qu'elle reçoive la même quantité d'énergie que la façade Est, car le moment de l'après midi correspond à celui où la température extérieure est la plus élevée, pendant la matinée, la température est basse par rapport à celle du soir. L'orientation SUD reçoit l'énergie la moins élevée après le Nord.

Conclusion :

¹⁴ GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur ; Paris, 1978, p : 370

¹⁵ GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur; Paris, 1978, p : 370

L'enveloppe bâtie n'est plus simplement considérée comme la frontière du domaine habitable, elle devient un élément souple chargé de transformer un climat extérieur fluctuant et inconfortable en un climat intérieur agréable. La thermique du bâtiment est liée à deux facteurs : intrinsèques et extrinsèques, les premiers sont relatifs au bâtiment lui-même, comme la géométrie de l'enveloppe, l'orientation, le zonage thermique, l'inertie thermique ... Les éléments extrinsèques sont principalement : les apports internes, occupation et même par les réactions comportementales des usagers dans l'habitat (ouvrir/fermer une fenêtre).

Le confort thermique d'été répond à la stratégie du froid, il s'agit de minimiser au maximum les apports de chaleur pour maintenir une ambiance qui ne se varie pas rapidement avec les conditions extérieures. Les actions de lutter contre la chaleur sont : protéger, minimiser, dissiper, refroidir et éviter.