

II-1.introduction

Nous passons aujourd'hui 80% à 90% de notre temps au sein de notre habitat ou dans un lieu clos. Ce renouvellement est indispensable pour conserver le confort et l'hygiène de nos logements. Une mauvaise qualité de l'air et donc une mauvaise aération pourrait entraîner certains dommages comme des maux de tête, fatigue, difficultés à respirer pour les occupants et de la condensation et moisissures pour les locaux.

Ventiler permet d'apporter un air neuf, d'évacuer l'air vicié et ainsi pourvoir à nos besoins en oxygène. La ventilation permet également d'évacuer les odeurs et les polluants qui s'y accumulent, d'éliminer l'excès d'humidité et de fournir aux appareils à combustion l'oxygène dont ils ont besoin pour fonctionner sans danger pour notre santé. Alors que les systèmes de ventilations mécaniques se développent de plus en plus pour offrir un confort thermique satisfaisant, la ventilation naturelle est à nouveau au goût du jour, à la fois dans les habitations individuelles et dans les bâtiments publics.

Renouveler l'air n'est pas le seul objectif de la ventilation. Elle peut également être utilisée dans les régions plus arides pour modifier la température intérieure et pour créer une sensation de fraîcheur pour les bâtiments.

II-2.ventilation naturelle

Les forces naturelles (vents et tirage thermique dû à la différence de densité entre l'air intérieur et l'air extérieur, notamment) font pénétrer l'air extérieur dans le bâtiment à travers des ouvertures pratiquées à cet effet dans l'enveloppe du bâtiment (fenêtres, portes, cheminées solaires, tours à vent et ventilateurs passifs (prises d'air), notamment). Ce mode de ventilation des bâtiments dépend du climat, de la conception des bâtiments et du comportement des personnes.

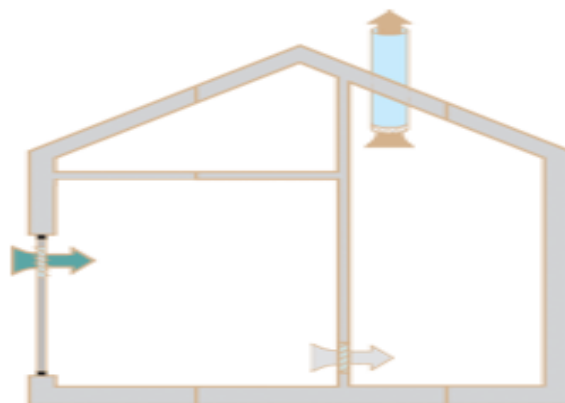


Figure II.1 : la Ventilation naturelle

II-2-1. Fonctions de la ventilation

La ventilation désigne le système mécanique d'un bâtiment qui fournit l'air extérieur « frais » et évacue l'air intérieur « vicié ». Dans un lieu de travail, la ventilation sert à contrôler l'exposition aux impuretés, aussi appelées contaminants, en suspension dans l'air.

Le système de ventilation choisi est couramment utilisé pour extraire les contaminants tels que les émanations, les poussières et les vapeurs dans le but d'obtenir un milieu de travail sain et sécuritaire. La ventilation peut être assurée par des moyens naturels, par l'ouverture d'une fenêtre par exemple, ou par des moyens mécaniques, tels que des ventilateurs ou des machines soufflantes.

Les systèmes industriels sont conçus pour déplacer une quantité d'air spécifique à une vitesse précise, ce qui garantit l'extraction (le soufflage) des contaminants indésirables. Bien que tous les systèmes de ventilation respectent les mêmes principes fondamentaux, chacun de ces systèmes est conçu spécifiquement pour le type de travail et le taux de rejet de contaminants caractérisant le lieu de travail desservi. [27]

II-2-2. Besoins de renouvellement de l'air

Renouveler l'air dans une maison est une nécessité absolue pour :

- éliminer l'humidité de la salle de bain, de la cuisine.
- maintenir une teneur en oxygène de l'air ambiant correcte.
- éliminer toutes les odeurs désagréables et tous les gaz nocifs qui se dégagent des différentes substances synthétiques présentes (souvent cancérigènes)

Dans les maisons anciennes mal calfeutrées les simples courants d'air existants suffisent.

Dans les maisons modernes très bien isolées la circulation naturelle d'air est limitée au minimum, il faut donc mécaniquement assurer ce renouvellement d'air grâce à une VMC.

[28]

II-2-3. Les types de ventilation**II-2-3-1. La ventilation mécanique**

Ce mode de ventilation fait appel à des ventilateurs mécaniques installés soit directement dans les fenêtres ou les murs, soit dans des conduits d'air, pour alimenter un local en air ou extraire l'air du local.

Le type de ventilation mécanique utilisé dépend du climat. Lorsque le climat est chaud et humide, il peut être nécessaire de limiter ou de prévenir l'infiltration pour réduire la condensation interstitielle (qui se produit lorsque l'air chaud et humide provenant de l'intérieur d'un bâtiment pénètre dans un mur, un plafond ou un plancher et rencontre une

surface froide). En pareil cas, on utilise souvent un système de ventilation mécanique à pression positive. À l'inverse, lorsque le climat est froid, c'est l'exfiltration qu'il faut éviter pour réduire la condensation interstitielle, et l'on utilise une ventilation à pression négative. Pour une pièce comportant des polluants générés localement, telle qu'une salle de bain, des toilettes ou une cuisine, on utilise souvent un système à pression négative. La ventilation mécanique désigne tous les dispositifs qui comportent au moins un équipement motorisé d'évacuation ou d'insufflation forcée d'air frais. La VMC s'est développée après l'arrêté du 24 mars 1982 visant à réduire la consommation d'énergie des logements, tout en préservant le confort et l'hygiène des locaux.

II-2-3-1-1. La ventilation mécanique simple flux

Les systèmes de ventilation mécanique simple flux fonctionnent de la façon suivante : un débit d'air neuf entre dans les pièces principales à travers les entrées d'air, l'air vicié est repris à travers les bouches d'extraction dans les pièces humides (salle de bains, WC, salle d'eau, cuisine) afin d'être transporté par les conduits de ventilation jusqu'à l'extracteur mécanique situé en comble ou en terrasse pour enfin être rejeté à l'extérieur. [29] Il existe différents modèles de systèmes de ventilation mécanique à simple flux. En voici les principaux.

II-2-3-1-1-a. La ventilation mécanique simple flux auto-réglable

La VMC auto-réglable est le système de ventilation simple flux basique puisque ses entrées d'air ainsi que ses bouches d'extraction s'adaptent automatiquement à la pression dans le but d'offrir un débit constant. Les activités des occupants, leur nombre ou encore le climat extérieur n'est pas pris en compte par ce type de ventilation. [30]

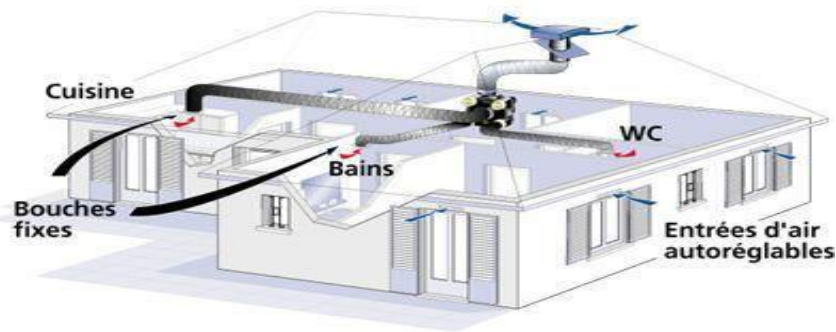


Figure II.2 : la ventilation mécanique simple flux auto-réglable

II-2-3-1-1-b. La ventilation mécanique simple flux hygroréglable

La ventilation mécanique contrôlée simple flux hygroréglable est constituée des mêmes éléments qu'une ventilation mécanique contrôlée simple flux classique. Cependant le débit total d'air extrait est cette fois-ci asservi aux conditions d'humidité intérieure souvent liées à la présence des occupants. On distingue deux types de ventilation simple flux hygroréglables. La première de dite de type A pour laquelle seules les bouches d'extraction d'air de la cuisine et de la salle de bain sont hygroréglables, les bouches d'introduction d'air restant auto-réglables. La seconde de dite de type B comporte les mêmes équipements que la première à l'exception des bouches d'introduction d'air qui sont également hygroréglables. A signaler que dans les deux cas les cabinets d'aisance sont équipés d'une bouche d'extraction à ouverture temporisée. Ce dispositif d'aération hygroréglable est moins consommateur d'énergie car le débit d'air variable est asservi aux besoins. [31]

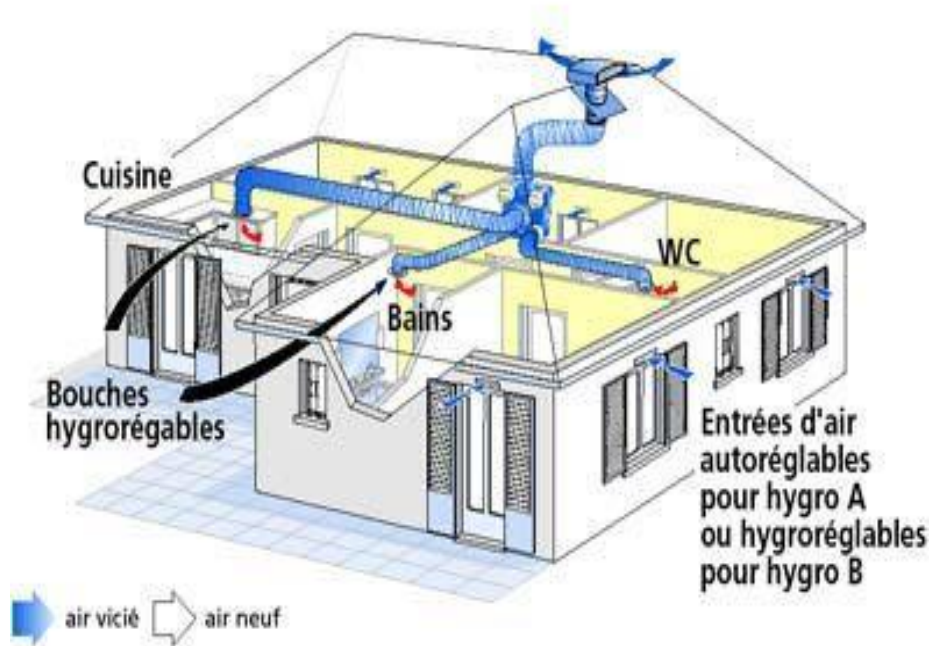


Figure II.3 : la ventilation mécanique simple flux hygroréglable

➤ Types de ventilation mécanique hygroréglables

On distingue deux types de ventilation mécanique hygroréglables : A et B.

- ❖ La ventilation mécanique hydro A comprend des entrées d'air auto-réglables qui varient en fonction de la pression. La modulation de débit liée à l'humidité est réalisée à l'extraction.
- ❖ La ventilation mécanique hydro B possède des entrées d'air hygroréglables, à l'instar des bouches d'extraction. L'air vicié est extrait par des bouches hygroréglables équipées de capteurs d'humidité dont les débits varient en fonction de l'humidité ambiante. La régulation est donc plus fine. [32]

II-2-3-1-2. La ventilation mécanique double flux

La VMC double flux est un système de ventilation performant. En plus de permettre le renouvellement d'air du logement, elle limite les déperditions de chaleur. Le fonctionnement de cette VMC est ingénieux : lorsqu'elle extrait l'air vicié du foyer, elle en récupère les calories pour préchauffer l'air entrant. Notez qu'en inversant son système, la VMC double flux permet également de rafraîchir le logement en été. Grâce au bypass (pontage) intégré,

l'air neuf peut être également introduit dans le logement sans échange thermique lorsque les conditions s'y prêtent, par exemple pour le rafraîchissement nocturne en été. Cette solution améliore donc considérablement le confort de l'habitation tout en permettant d'importantes économies d'énergie. [33]

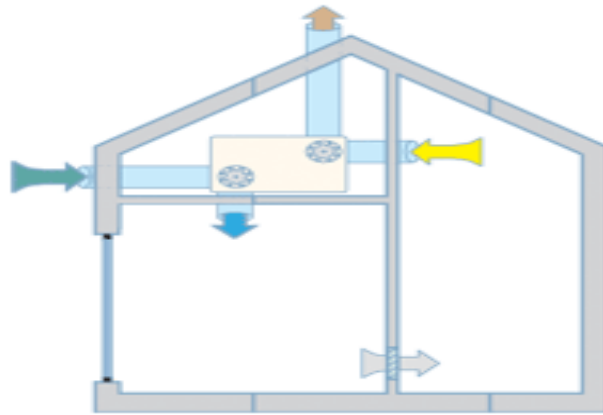


Figure II.4 : la ventilation mécanique double flux

II-2-3-1-3. Le traitement d'air par centrale à mélanges air neuf/air repris

Une centrale de traitement d'air est un élément technique dédié au chauffage au rafraîchissement, à l'humidification ou à la déshumidification des locaux tertiaires ou industriels, c'est un système tout air à débit constant ou variable.

Une CTA est soit de type monobloc, soit elle est constituée de modules additionnés les uns aux autres, suivant la configuration, modules ventilation, module batteries froides et chaudes, module filtres, etc.

Il existe deux types de centrales de traitement d'air:

- La CTA simple flux, elle est soit tout air neuf, soit tout air repris ou encore en mélange des deux flux
- La CTA double flux, elle permet toutes les combinaisons possibles entre la reprise d'air, l'air neuf, l'air rejeté, l'air traité suivant la configuration. [34]

❖ Centrale double flux

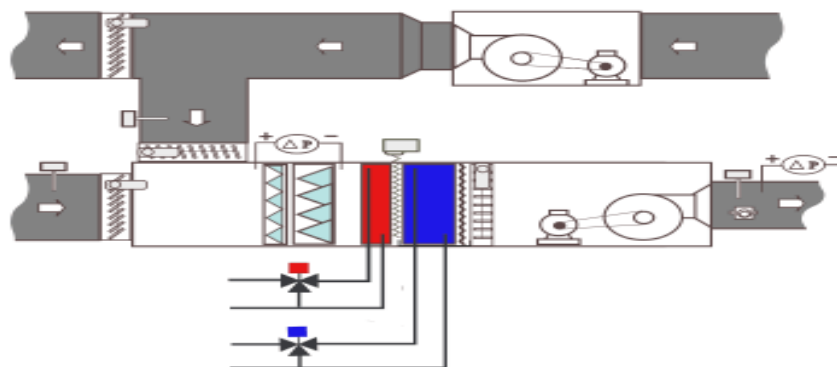


Figure II.5 : central traitement d'air double flux

❖ Détails d'une centrale de traitement d'air, simple flux

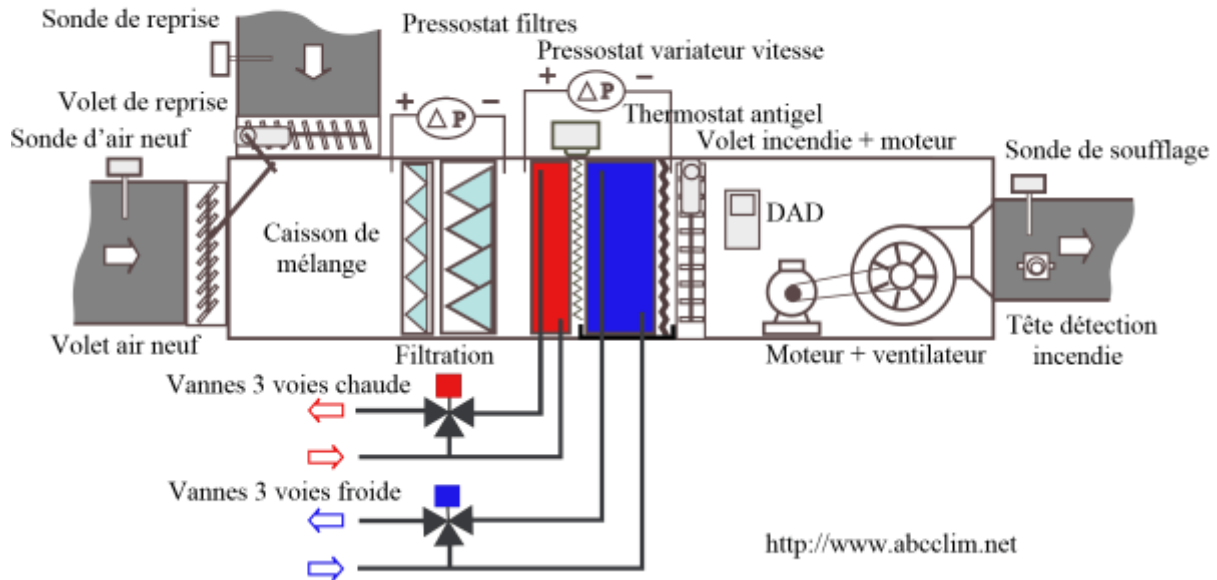


Figure II.6 : centrale de traitement d'air simple flux

II-2-3-2. La ventilation naturelle

La ventilation naturelle est le moyen de ventiler le plus élémentaire. Celle-ci est basée sur le simple fait que l'air chaud monte pour être évacué automatiquement par des ouvertures disposées à des endroits stratégiques. Ce principe nécessite alors aucune source d'énergie et s'effectue sans aucunes nuisances sonores. Comme nous l'avons déjà évoqué précédemment, Le fonctionnement de la ventilation naturelle existe depuis les temps les plus reculés. La ventilation naturelle convient parfaitement dans l'industrie, les centres commerciaux, les centrales thermiques, les bâtiments d'exposition, les entrepôts, les hôpitaux, les maisons de repos, et bien sûr aussi pour les maisons individuelles.

II-2-3-2-a. Le phénomène de convection

La ventilation naturelle repose alors sur ce phénomène unique, le phénomène de convection qui améliore le confort d'un bâtiment en créant des courants d'air, c'est à dire en mettant l'air en mouvement sans force mécanique.

Ce principe utilise la circulation de l'air entre des points d'entrée et de sortie au niveau des menuiseries. L'air chaud monte et s'échappe par les sorties d'air du haut tandis que l'air froid est aspiré par les entrées d'air du bas. Le système fonctionne dans un parfait silence et sans la moindre consommation d'énergie mais il y a d'importantes pertes de calories.

Plus précisément, l'air chaud en entrant dans la maison, se dilate, devient moins dense et sa masse volumique est plus faible. Il devient léger et va donc s'échapper par le haut. En contrepartie, l'air frais se contracte, devient plus dense et sa masse volumique est plus grande. Il restera donc vers le bas pour renouveler l'air et rafraîchir l'espace. [35]

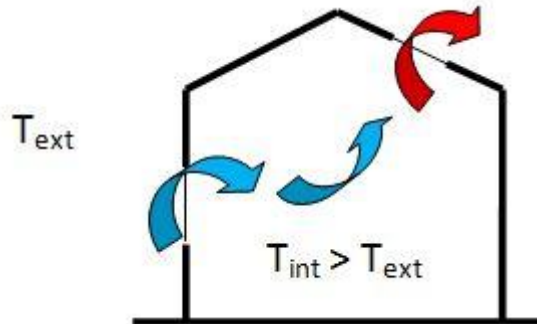


Figure II.7 : expliqué le phénomène de convection de ventilation naturel

II-2-3-2-b. Les fonctions de la ventilation

La ventilation désigne le système mécanique d'un bâtiment qui fournit l'air extérieur « frais » et évacue l'air intérieur « vicié ». Dans un lieu de travail, la ventilation sert à contrôler l'exposition aux impuretés, aussi appelées contaminants, en suspension dans l'air. Le système de ventilation choisi est couramment utilisé pour extraire les contaminants tels que les émanations, les poussières et les vapeurs dans le but d'obtenir un milieu de travail sain et sécuritaire. La ventilation peut être assurée par des moyens naturels, par l'ouverture d'une fenêtre par exemple, ou par des moyens mécaniques, tels que des ventilateurs ou des machines soufflantes.

Les systèmes industriels sont conçus pour déplacer une quantité d'air spécifique à une vitesse précise, ce qui garantit l'extraction (le soufflage) des contaminants indésirables. Bien que tous les systèmes de ventilation respectent les mêmes principes fondamentaux, chacun de ces systèmes est conçu spécifiquement pour le type de travail et le taux de rejet de contaminants caractérisant le lieu de travail desservi. [36]

II-2-3-2-1. Ventilation naturelle par tirage thermique

La ventilation naturelle ne nécessite aucun dispositif mécanique pour fonctionner. La circulation de l'air est induite par le tirage thermique, dû aux différences de températures entre l'intérieur et l'extérieur, et les pressions du vent sur l'enveloppe du bâtiment et notamment au débouché de conduit en toiture (effet de cheminée). Chaque pièce de service du logement possède une sortie d'air raccordée à un conduit d'évacuation fonctionnant par tirage naturel. Il est possible d'ajouter un ventilateur permettant d'entraîner le flux lorsque les

conditions ne permettent une extraction suffisante (en été lors de canicule par exemple). Par ailleurs les pièces principales sont équipées d'une entrée d'air neuf de type réglable. [37]

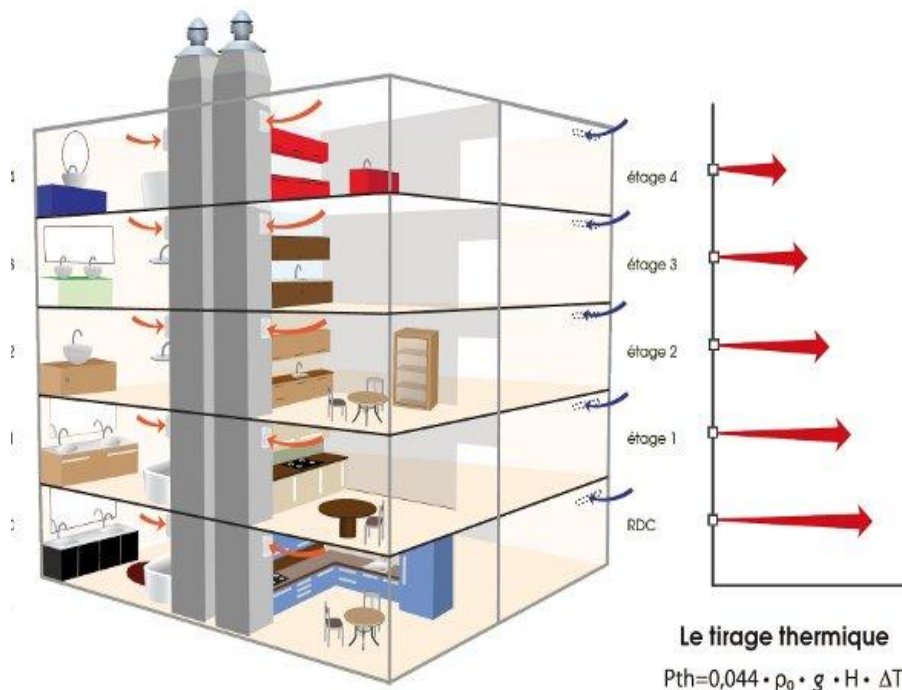


Figure II.8 : Tirage thermique

II-2-3-2. Ventilation naturelle par ouverture des fenêtres

Son fonctionnement est basé sur une ouverture des fenêtres par les occupants pendant 5 à 10 minutes toutes les deux heures. Incompatible avec un bâtiment performant et confortable, l'apport d'air neuf massif engendre inconfort pour les occupants au moment de l'ouverture et refroidit les structures du bâti engendrant des surconsommations énergétiques pour remonter en température le bâtiment. [38]

II-2-3-2-3. Ventilation naturelle par extraction par conduit vertical

Son fonctionnement est basé sur le phénomène de tirage thermique et est donc fonction de la hauteur du bâtiment et de la température extérieure et intérieure du local à ventiler. Cette ventilation fonctionne mais reste dépendant des conditions climatiques extérieures (Température et vent) pour que le renouvellement d'air se fasse correctement. En hiver, la forte différence de température en intérieur et extérieur va engendrer un renouvellement d'air trop important incompatible. En été, la faible différence entre la température extérieure et intérieure ne permet un renouvellement d'air et doit être complété par l'ouverture de fenêtre. [39]

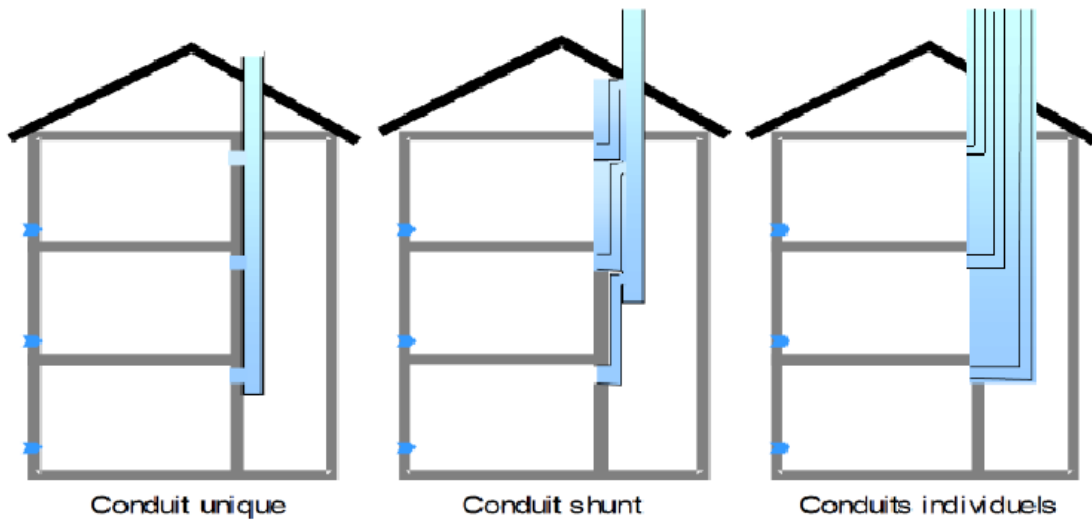


Figure II.9 : Illustrations de la ventilation naturelle par conduits verticaux

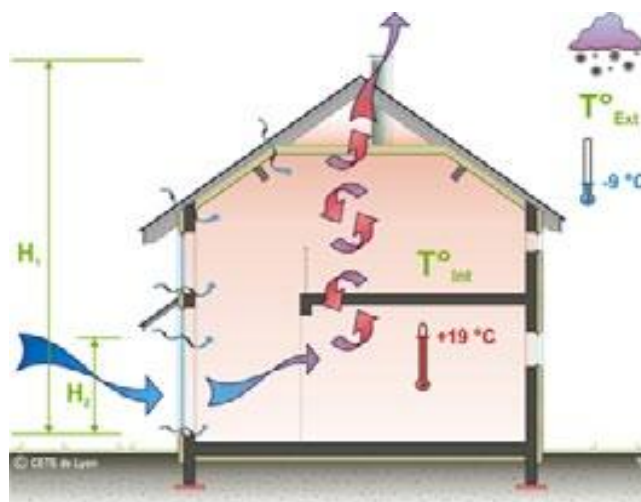


Figure II.10 : Ventilation naturelle par extraction par conduit vertical

II-2-3-2-4. Ventilation naturelle assistée par l'énergie solaire

Le principe général est d'assister le phénomène de tirage thermique en utilisant l'énergie solaire pour augmenter les écarts de températures et donc l'effet de tirage thermique. Dans le présent travail, on s'intéresse à ce dernier type de ventilation.

II-2-3-2-5. Avantage la ventilation naturelle

Les avantages d'une ventilation naturelle bien conçue sont multiples

- Procure une ventilation qui assure la sécurité, les conditions de confort et de santé aux occupants des bâtiments sans l'utilisation de ventilateur

- Procure un rafraîchissement passif sans système thermodynamique
- Réduit les coûts de construction et d'utilisation des bâtiments quand elle est conçue soigneusement
- Réduit les consommations d'énergie liées au système de conditionnement et aux ventilateurs
- Elimine les bruits de ventilateurs
- économie sur la consommation d'énergie
- autorégulation : plus il y a de chaleur de libérée, plus elle est évacuée
- de la lumière du jour supplémentaire par les ouvertures
- les unités ouvertes permettent de créer le contact avec le monde extérieur ce qui a un effet favorable sur les personnes se trouvant à l'intérieur
- investissements et amortissements plus faibles
- une durée de fonctionnement plus longue
- un fonctionnement insonore
- elle demande moins d'entretien et n'est pas sensible aux pannes
- avec peu d'équipements supplémentaires, le système peut être utilisé comme système automatique d'évacuation des fumées et de la chaleur (désenfumage), elle offre la possibilité du refroidissement nocturne

II-2.3.3. La ventilation hybride

La ventilation hybride est un système qui combine à la fois les stratégies passives de la ventilation naturelle et les moyens actifs de la ventilation mécanique pour maintenir un environnement confortable. Selon les conditions météorologiques disponibles, le système de ventilation du bâtiment échange entre les modes passif et mécanique de manière à assurer constamment une ventilation et un refroidissement des espaces adéquat tout en minimisant la consommation énergétique. [40]

II-2-4. Différentes cavités utilisées en ventilation naturelle

Les cheminées solaires, les façades à doubles peaux et les murs trombe sont des cavités ouvertes, ont conçu pour se servir de l'énergie solaire pour le chauffage passif, ventilation naturelle et dans le cas de la façade à double peau fournie également la lumière du jour. La figure (II.11) montre les trois types de cavité pour le chauffage passif et la ventilation naturelle dans des bâtiments. La flottabilité thermique est le mécanisme principal pour la circulation d'air dans les cavités ouvertes. [41]

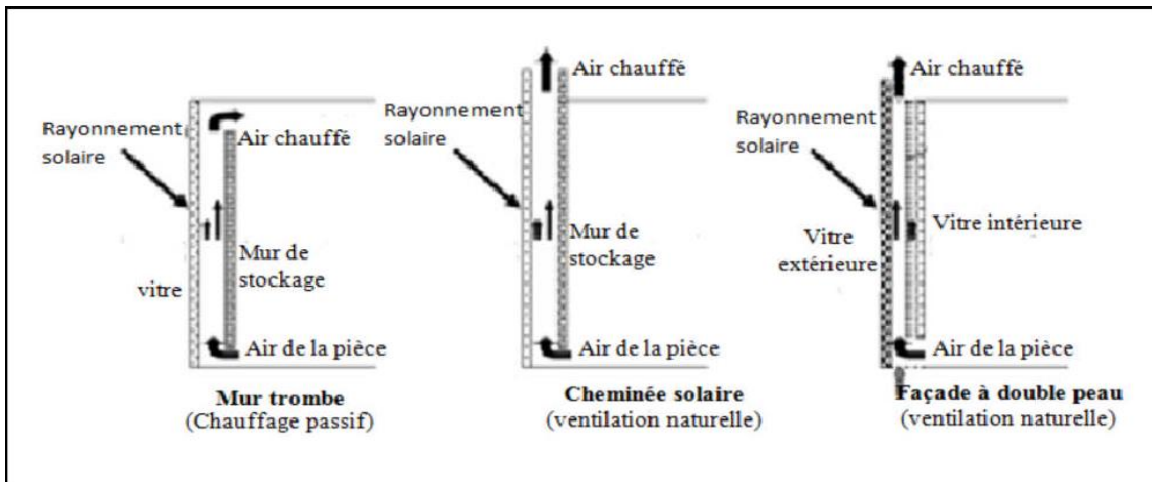


Figure II.11 : Diagramme schématique de trois types de cavité pour le chauffage passif et la ventilation naturelle

II-2-4-1. Le mur trombe

Le mur trombe consiste à un mur en maçonnerie lourde muni de deux orifices et disposé derrière un vitrage orienté vers le sud. Il rassemble et stocke l'énergie solaire pour fournir le chauffage de la pièce en hiver ou facilite la ventilation de la pièce en été.

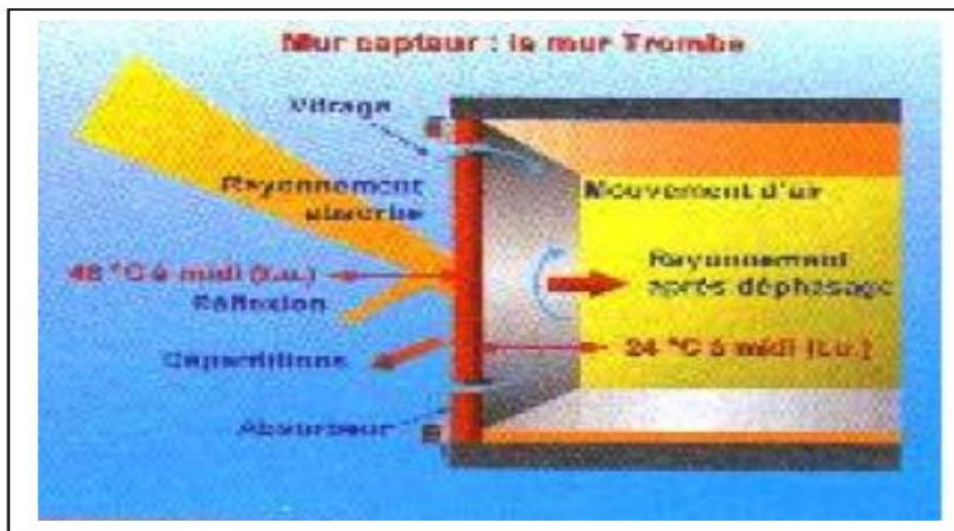


Figure II.12 : Mur trombe

Le mur Trombe-Michel, ou mur trombe, est basé sur le même phénomène physique que le mur capteur. Le rayonnement solaire vient chauffer une lame d'air présente entre un vitrage à faible émissivité et un mur à forte inertie thermique. Via un système de clapets situés en partie supérieure et inférieure du mur, une circulation d'air est possible entre l'intérieur de la pièce et la lame d'air chauffée. Il existe deux modes de fonctionnement

- Lorsque le rayonnement est présent dans la journée, il est possible d'ouvrir les clapets afin de permettre une convection naturelle. L'air de la pièce, relativement plus froid, vient se réchauffer au contact du mur capteur, et ainsi créer un mouvement convectif qui va permettre le réchauffement de la pièce en contact avec le mur. Il y a donc circulation aéraulique entre la lame d'air et le volume adjacent.
- En l'absence d'ensoleillement, on ferme les clapets, et la chaleur emmagasinée par le mur capteur est restituée par rayonnement à la pièce, créant ainsi une convection naturelle, mais cette fois-ci sans mouvement d'air.

Cette technique permet également d'éviter les surchauffes en été, grâce à la présence d'une ouverture, située en partie supérieure du vitrage. En position ouverte, ce clapet permet d'évacuer l'air chauffé produit dans la lame d'air. Ceci n'est possible que si les clapets du mur capteur, sont eux fermés.

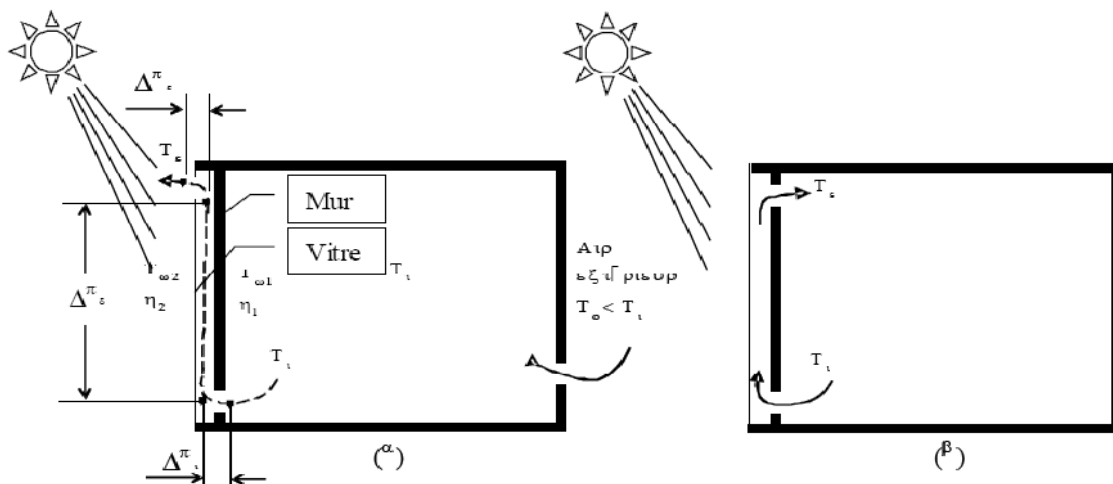


Figure II.13 : Mur Trombe utilisé comme a) ventilateur, b) chauffage

II-2-4-2. La façade à double paroi

Une façade à double paroi d'un bâtiment se compose d'une paroi intérieure et l'autre externe, elle fournit au bâtiment l'isolation thermique. Elle a une fonction de régulation thermique du bâtiment.

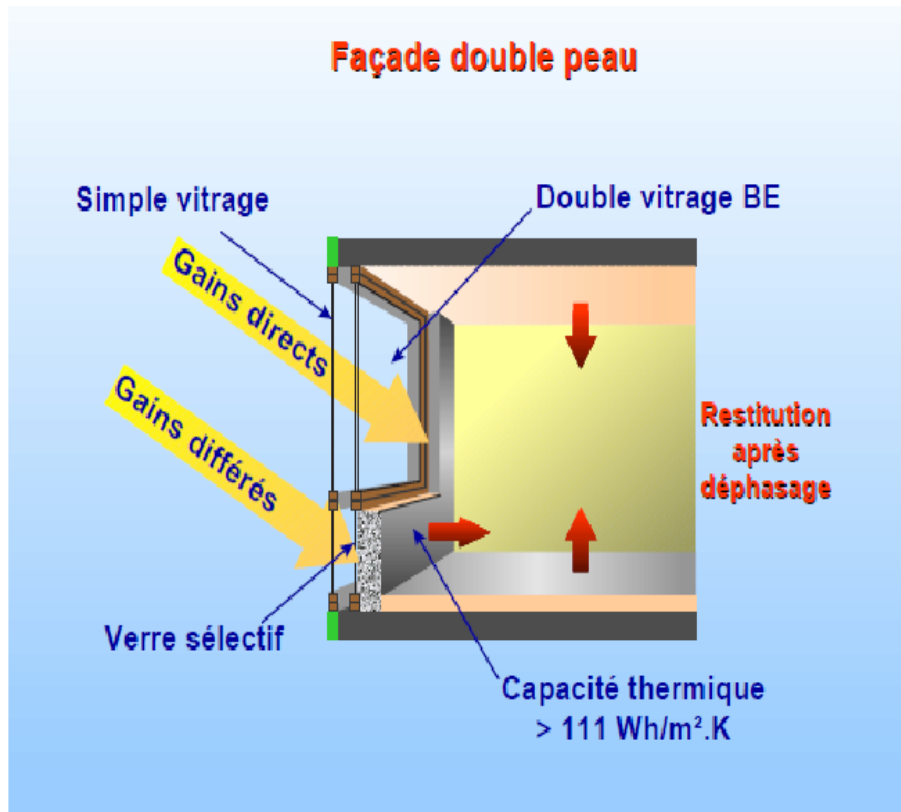


Figure II.14 : Façade double peau

La façade à double peau protège le bâtiment aux contraintes météorologiques par rapport aux rayonnements directs du soleil, elle évite les surchauffes d'été et limite le recours à la climatisation. En évitant l'action directe du vent, elle supprime l'effet de paroi froide en hiver, qui produit l'inconfort d'intérieur. Elle permet aussi d'apporter une température et une humidité de l'air agréable. En comparant avec la façade glacée traditionnelle. Elle peut également être employée pour la ventilation naturelle du bâtiment. Elle a été également effectuée pour préchauffer l'air entrant ou de ventiler la façade intérieure, comme elle peut servir de conduit d'échappement pour la ventilation mécanique (figure II.14) [42]

II-2-4-3. Les écopos

Ce sont des dispositifs de prise d'air de grande dimension intégrés à la toiture. Elles améliorent le potentiel de ventilation naturelle de l'habitat, nécessaire en climat chaud. Elles permettent de ventiler les pièces centrales, essentielles aux volumes intérieurs entièrement traversants, elles s'avèrent idéales pour la ventilation des bâtiments peu poreux. Il existe deux types d'écopos : les écopos d'extraction et les écopos d'admission. Les écopos ouvertes vers le vent augmentent l'admission de flux à l'intérieur. Celles ouvertes à l'encontre du sens du vent augmentent l'extraction des flux venant de l'intérieur. Les écopos d'extraction sont

généralement plus efficaces que les écopos d'admission car elles placent l'intérieur en légère dépression.

Une mauvaise implantation risque de créer à l'intérieur une zone sous ventilée, comme le montre la figure (II.15). Lorsqu'une écope est placée face au vent, elle doit se trouver le plus près possible de la façade au vent, et inversement. Une faible ouverture en façade au vent risque de favoriser un écoulement de l'air vers la façade sous le vent. Le même phénomène advient dans le cas d'une ouverture importante sur la façade sous le vent et une écope en admission. Afin de capter des écoulements rapides, frais, moins poussiéreux et moins humides, les écopos sont situées en hauteur. Pour des vents dominants de différentes directions, la conception des écopos est multi directionnelle. Plus complexes, ces écopos sont généralement moins efficaces que celles à une seule direction. D'après les travaux menés dans la soufflerie atmosphérique du CSTB, la section de l'ouverture verticale d'une écope doit représenter environ 20 % de la surface verticale de l'enveloppe du bâtiment perpendiculaire au vent.

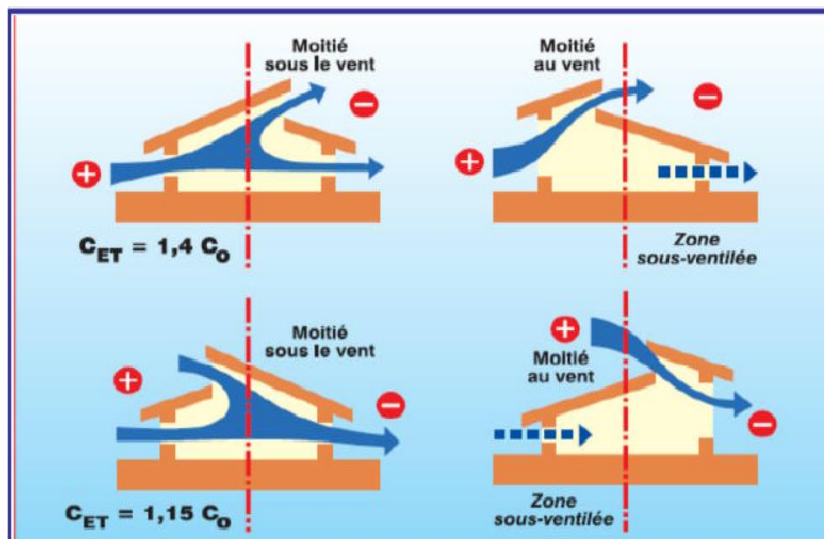


Figure II.15 : Influence de l'implantation de l'écope en toiture

II-2-4-4. Les tours à vent

Les tours des vents sont un bel exemple de ventilation naturelle, afin de s'adapter à un climat extrême. En effet comment supporter des températures de 40° en été avec des amplitudes thermiques de 30° entre le jour et la nuit ? Les tours des vents, les « badgir » (mot persan signifiant littéralement attrape-vents) sont un élément traditionnel d'architecture du Moyen Orient utilisées depuis des siècles afin de rafraîchir les habitations sans autre énergie que le vent.

Les tours des vents sont de grandes cheminées d'environ 3 mètres par 5 pour une quinzaine de mètres de haut. La partie haute surplombant les toits est constituée d'ouvertures verticales orientées selon la direction des vents dominants. Le nombre d'ouverture varie de une à huit selon les plans des tours. L'intérieur de la tour est recoupé verticalement afin de canaliser le vent, séparant flux ascendants et flux descendants. En partie basse se trouve une ouverture qui s'ouvre dans la pièce à rafraîchir.



Figure II.16 : Tour à vent à YAZD, IRAN

Le principe des tours est de capter les vents qui circulent au-dessus des toits. L'air chaud circule ainsi dans la tour, descendant et remontant par des canaux verticaux. Cela crée un mouvement d'air qui va aspirer l'air frais des sous-sols afin de rafraîchir la pièce (effet Venturi). De même, ce courant d'air, passant au-dessus d'un bassin va permettre son évaporation créant ainsi de la fraîcheur alentour.

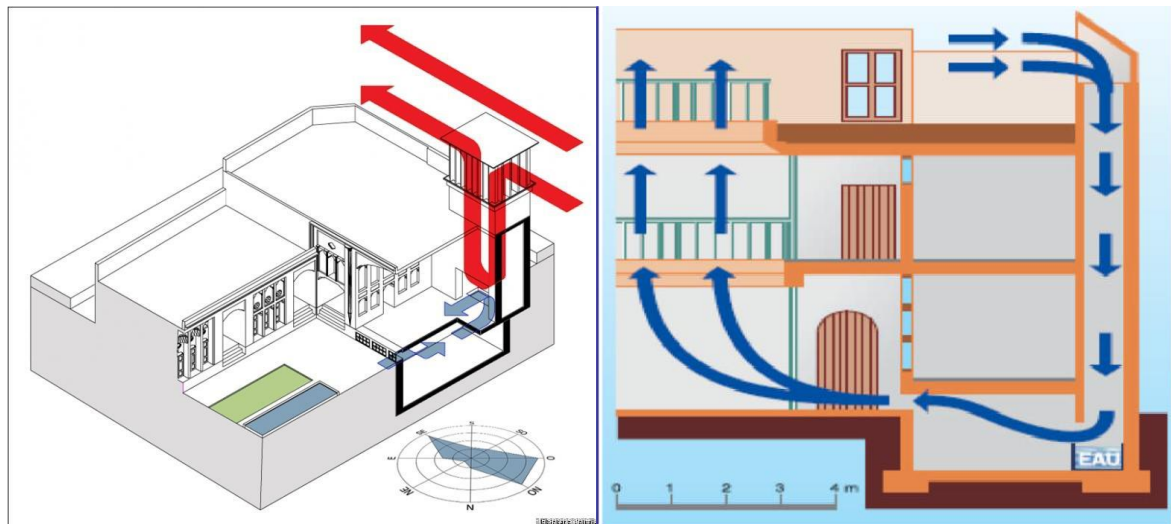


Figure II.17 : Utilisation de l'humidification dans le tour à vent

Ainsi, sans avoir recours à des techniques modernes polluantes et bruyantes, des solutions existent pour ventiler nos habitations.[43]

II-2-4-5. Les dômes

Cette technique de construction est employée depuis l'Antiquité. Elle est largement associée aux pays du Maghreb et du Proche-Orient, et notamment à l'Algérie, l'Égypte, la Jordanie, la Palestine et la Tunisie. Son utilisation est généralement courante dans tous types de milieux : urbain, rural, en plaine, en montagne ou en bord de mer. Cette technique constructive est utilisée en réze- de chaussée, en premier ou en dernier étage. Elle fait généralement office de couverture, Ce sont des coupoles qui, ayant au sommet une fenêtre, recouvrent soit une partie de la maison soit la pièce principale d'un bâtiment. Le plus souvent, les coupoles sont pleines, réalisées sans ouvertures. Quelquefois, des percements sont réalisés, soit dans les pans de la coupole, soit au sommet de celle-ci. Ces ouvertures sont généralement faites dans le même matériau que le corps de l'ouvrage, et servent à assurer la ventilation et l'éclairage de l'espace couvert [44].



Figure II.18 : différentes configurations des coupoles

Les dômes présentent à la voûte céleste une surface de déperdition thermique très grande $2 R^2$ (R le rayon du dôme) pour un maître couple moitié. Par contre dans la journée, seule une partie de ce maître couple reçoit les rayons solaires, c'est-à-dire une surface captrice inférieure à $2 R^2$. Les échauffements du dôme sont ainsi limités. Ces échauffements sont responsables des mouvements convectifs de l'air à l'intérieur du dôme.

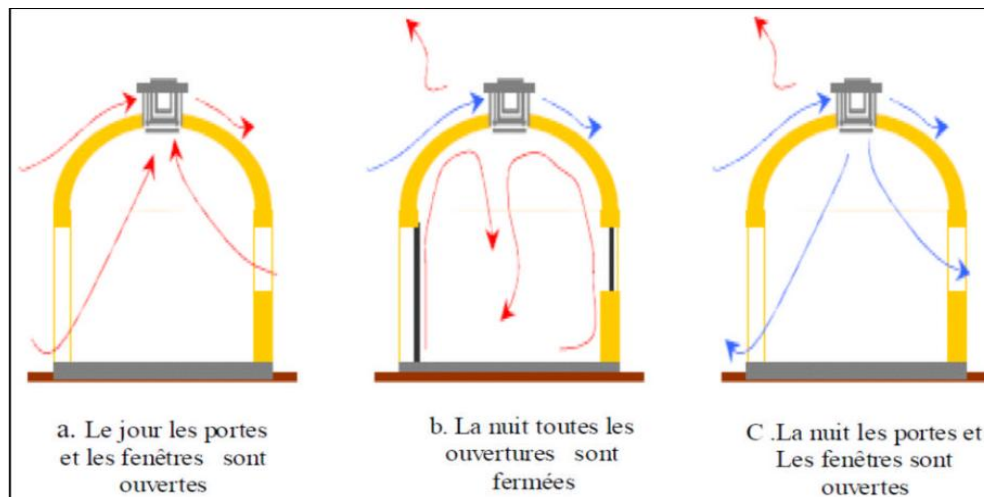


Figure II.19 : Les différents cas de fonctionnement des Dômes

Le jour, lorsque le sommet du dôme est chaud, l'air intérieur au contact de ce dôme s'échauffe. Si les fenêtres et les portes du bâtiment ainsi que la fenêtre du dôme sont ouvertes, l'air à l'intérieur du bâtiment a tendance à monter ; ce mouvement ascendant est favorisé par

l'air plus froid donc plus dense autour du bâtiment, qui pénètre à l'intérieur. L'air chaud est alors entraîné et évacué par effet de cheminée à l'extérieur par la fenêtre du dôme. La nuit, la chaleur accumulée dans la journée par le dôme est échangée radiativement avec la voûte céleste et par convection avec l'air. La fenêtre supérieure étant fermée, l'air à l'intérieur du bâtiment monte par la partie centrale, se refroidit au contact du dôme, devient plus dense, et redescend par la partie latérale. Si par contre dans une nuit sans vent, tous les volets sont ouverts, l'air à l'intérieur du bâtiment étant plus chaud, l'air froid de l'extérieur a tendance à descendre, pénétrer alors à l'intérieur par le sommet du dôme, y crée une forte pression et évacue l'air chaud de l'intérieur par les volets du bâtiment. Au cours des nuits où le vent souffle, l'évacuation de l'air chaud s'effectue dans le sens inverse. Sous l'effet de la pression de l'air extérieur, froid, très dense, accumulé au du bâtiment, le vent qui souffle, entraîne l'air chaud du bâtiment par la fenêtre du dôme. Enfin, le dôme n'a pas un facteur de forme plus grand que les autres surfaces vis à vis du volume interne et donc son échauffement ne peut être ressenti.

II-2-4-6. La cheminée solaire

La cheminée solaire utilise le soleil pour réchauffer ses parois internes. Les forces de poussée dues à la différence de température ainsi créée provoquent un écoulement ascendant le long des parois. L'épaisseur de la cheminée doit être proche de l'épaisseur de la couche limite développée pour éviter les recirculations d'air.

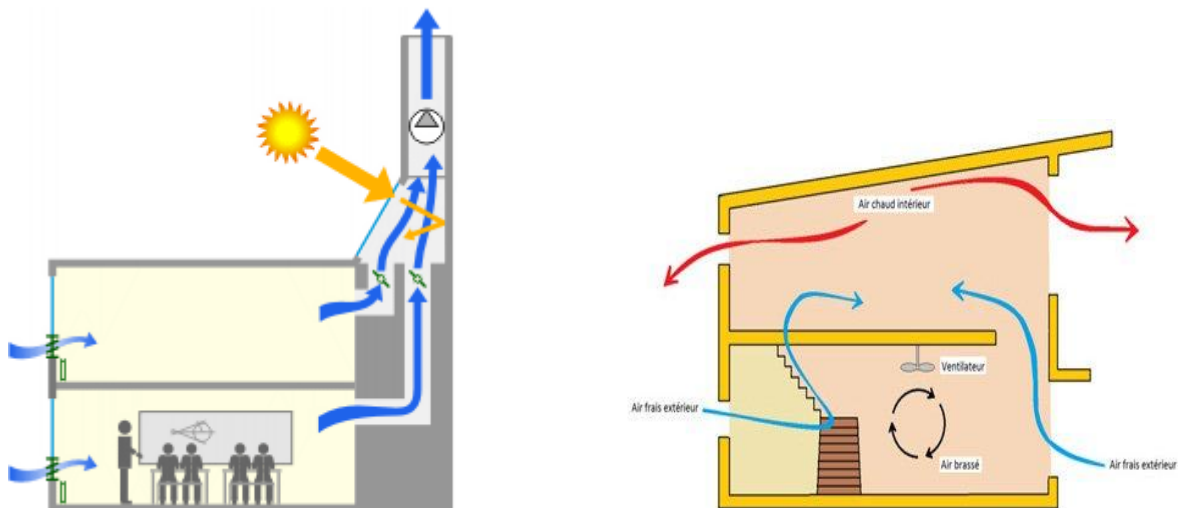


Figure II.20 : la cheminée solaire

Une cheminée solaire peut être un des composants d'un bâtiment, dans lequel un ou plus de murs d'une cheminée sont transparents, le mur vitré permet le rayonnement solaire s'accumuler assez de chaleur pour induire l'effet de cheminée. L'énergie solaire réchauffe l'air à l'intérieur de la cheminée. En raison de la différence de la température d'air, un gradient de densité entre l'intérieur et l'extérieur de la cheminée provoque un mouvement ascendant d'air. La (figure II.20) présente un exemple d'utilisation de la cheminée solaire dans un système de ventilation naturelle dans les bâtiments de l'université de Kitakyushu en Japon.

II-2-5 Effet de cheminée

L'effet de cheminée est la tendance d'un fluide qu'en s'échauffant s'élève, en raison de la diminution de sa densité.

On utilise ce phénomène thermique naturel pour évacuer la surchauffe de l'intérieur d'une construction en facilitant la sortie de l'air tiède ou chaud à travers des ouvrants en partie haute. Ce tirage thermique peut induire une dépression intérieure susceptible d'aspirer l'air plus frais du dehors à travers des ouvrants en partie basse. [45]

II-2-5-1.Principe d'écoulement

L'écoulement est provoqué par la différence de masse volumique entre l'air intérieur (chaud) et l'air extérieur (froid). L'air chaud possède une masse volumique plus faible que l'air froid et tend à monter. L'air froid est plus lourd et tend à rester au sol. L'air chaud et humide s'élève vers les cheminées et est remplacé par de l'air froid et sec. Les grandes surfaces des entrées de l'air assurent de faibles vitesses qui ne causent pas de stress aux occupants.

II-2-6.Modes d'opérations d'une cheminée solaire

Trois modes d'opérations de la cheminée solaire, qui sont appropriés à chaque saison [46] sont illustrés dans la figure (II.21)

- Cas de chauffage : la cheminée solaire fonctionne en mode de chauffage passif. L'air extérieur est entré dans la cheminée, et réchauffé par l'énergie solaire absorbée. L'entrée d'air chaud dans la salle contribue à la réduction d'une charge thermique.
- Cas de refroidissement avec la température d'extérieure est inférieure à la température d'air dans la pièce : la cheminée solaire peut fonctionner dans le mode de ventilation et le refroidissement passif. La fonction est identique à celle pour le refroidissement dans des régions froides ou de climats modérés, où les conditions extérieures en été ne sont pas dures.
- Cas de refroidissement est et la température d'extérieure est supérieur à la température d'intérieure : la cheminée solaire n'est pas employée pour augmenter la ventilation

parce que l'introduction d'air extérieure sans pré réfrigéré résulte une augmentation de la température à l'intérieur. Par conséquent, l'air entre dans la cheminée et s'échapper vers l'extérieur par l'ouverture supérieur. Ce mode d'opération s'appelle l'isolation thermique, a un effet de la diminution d'un gain de la chaleur dans la salle par la cheminée solaire.

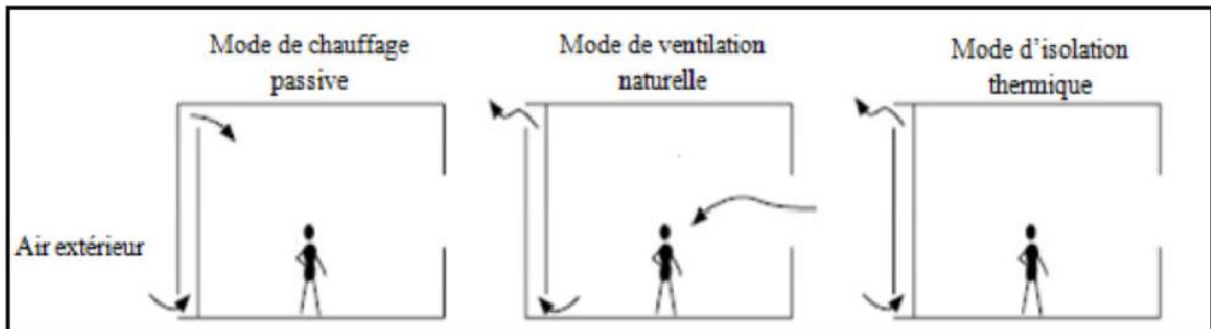


Figure II.21 : Les trois modes de fonctionnement d'une cheminée solaire

II-2-7.Types de cheminée solaire

Actuellement, on peut distinguer deux types de cheminée

II-2-7-1.C cheminée solaire verticale

Ce type est le plus rencontré, où l'entrée d'air se fait par l'ouverture au fond et la sortie par l'ouverture au-dessus. Par convention, trois types de cheminée sont dénotés selon l'admission (figure II.22). Le positionnement de l'ouverture d'admission représente trois manières possibles, d'intégrer La cheminée solaire dans un bâtiment pour la ventilation naturelle.

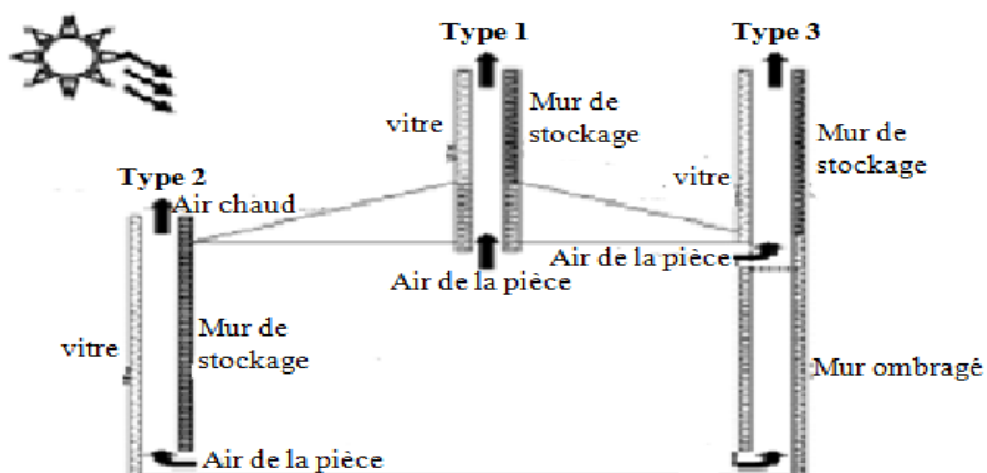


Figure II.22 : Types de cheminée solaire selon l'ouverture d'entrée, et leur position pour la ventilation naturelle

La cheminée verticale a l'avantage, d'être intégrés facilement avec des façades de bâtiment, même des fenêtres de petite taille, orienté vers le sud peuvent également être employées comme des cheminée solaire. Mais la plus grande limitation de cette disposition est celle en mois d'hiver, quand le soleil s'attaque vers le sud à la latitude relativement inférieure, pendant des jours d'été, le taux de ventilation réduit en raison d'une altitude du soleil beaucoup plus élevé.

La cheminée verticale peut être de forme cylindrique, ce type de cheminées solaires a un inconvénient qui réside dans la difficulté de construction. Par conséquent, un arrangement plus simple est d'utiliser une cheminée métallique noircie (semblable aux cheminées industrielles) [47].

II-2-7-2. Cheminée solaire inclinée

Conceptuellement, les cheminées solaires inclinées sont semblables aux cheminées solaires verticales. La seule différence est qu'elles sont intégrées d'une façon inclinée à un certain angle approprié, pour capturer le maximum de rayonnement solaire possible.

Le plus grand avantage des configurations inclinées qu'il fournit la ventilation suffisante à l'inclinaison de 30° à 45° pendant les mois d'été dans l'endroit géographique comme l'Inde, quand les cheminées verticales sont moins efficaces en capturant la quantité maximum de rayonnement solaire due à une altitude plus élevée du soleil [48].

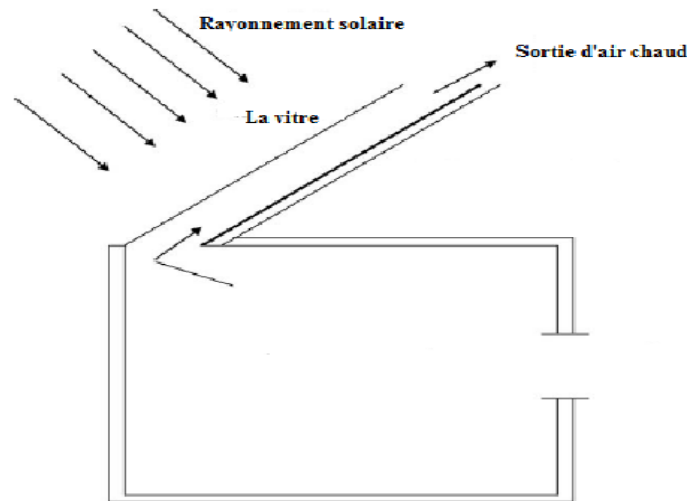


Figure II.23 : Installation d'une cheminée solaire inclinée

II-3- L'énergie solaire

II-3-1- Définition générale de l'énergie solaire

L'énergie solaire est l'énergie électromagnétique transmise par le soleil et qui est générée par la fusion nucléaire. Elle est à l'origine de toute forme de vie terrestre et représente environ 420 trillions de kilowattheures (kWh). L'énergie solaire est plusieurs milliers de fois plus importante que toutes les énergies cumulées utilisées par le monde entier.

II-3-2- Le Soleil

Le rayonnement lumineux et la chaleur du soleil sont utilisés par les humains depuis l'Antiquité, ce qui a abouti à une série de technologies qui n'ont cessé de se développer. Le rayonnement solaire, Ainsi que les ressources à énergie solaire secondaires telles que l'énergie éolienne et marémotrice, l'énergie hydroélectrique et la biomasse, représentent la plupart de l'énergie renouvelable disponible sur Terre. Seule une minuscule part de l'énergie solaire disponible est utilisée. [49]

Le Soleil est une étoile, la seule du système solaire, et la plus proche de nous. La plus proche après elle est Proxima du Centaure, située à 4,2 année lumières du Soleil.

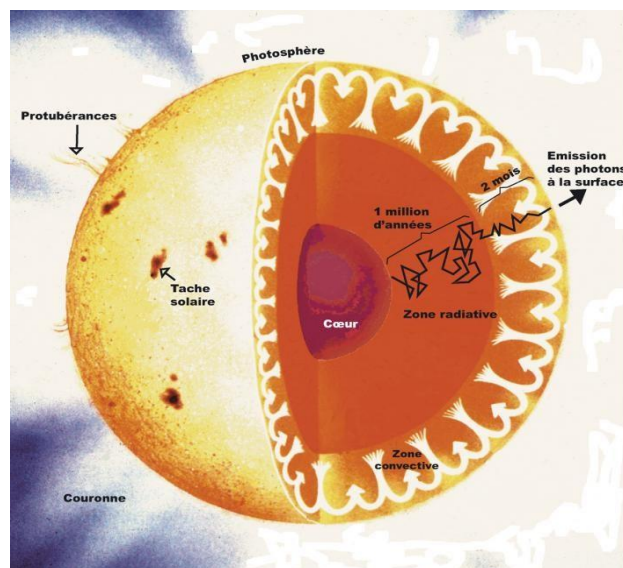


Figure II.24 : Le soleil

- Le noyau :

Il s'étend du centre à environ 0,2 rayon solaire. Sa masse Volumique est supérieure à 150 000 k/m³. C'est là qu'est produite l'énergie solaire.

- La zone radiative : Elle s'étend de 0,2 à 0,7 rayon solaire environ. Sa température est bien plus basse que celle du noyau, mais sa densité reste très forte. Cette zone joue

un rôle important dans les transferts et le filtrage de l'énergie, du cœur vers la surface du Soleil.

- La zone de convection : elle s'étend de 0,7 rayon solaire à 400 km de la surface du Soleil environ. Elle permet les échanges d'énergie entre la zone radiative et la photosphère. En raison de sa faible densité, les échanges dans cette zone se font par convection : les gaz chauds remontent à la surface, se refroidissent, puis redescendent, se réchauffent, remontent, et ainsi de suite.
- La photosphère : elle s'étend sur les derniers 400 km du rayon de l'étoile. Une partie de la lumière visible que nous percevons y est produite. Elle est composée de gaz moins denses que les autres couches du Soleil. [50]

II-3-2-1. Le rayonnement solaire reçu au niveau du sol

L'atmosphère terrestre perturbe grandement et par des processus variés le flux de photons issu du soleil. Donc, après sa traversée de l'atmosphère, le rayonnement solaire peut être considéré comme la somme de deux composantes. [51], [52]

a)-Le rayonnement direct : est celui qui traverse l'atmosphère sans subir de modifications, il provient du disque solaire seulement à l'exclusion de tout rayonnement diffusé, réfléchi ou réfracté par l'atmosphère.

b)-Le rayonnement diffus : est la part du rayonnement solaire provenant de toute la voûte céleste, à l'exception du disque solaire, et diffusé par les particules solides ou liquides en suspension dans l'atmosphère. Il n'a pas de direction privilégiée.

c)-Le rayonnement global : est le rayonnement reçu sur une surface horizontale provenant du soleil et de la totalité de la voûte céleste. Il est la somme du rayonnement direct et du rayonnement diffus. La figure (II.25) illustre les différents composants du rayonnement solaire au niveau du sol.

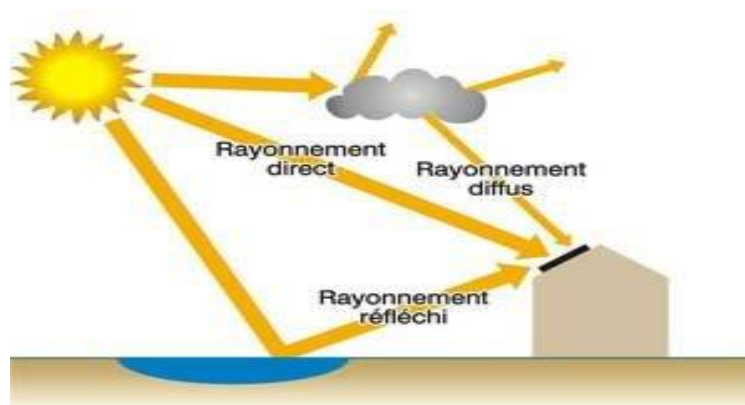


Figure II.25 : Le rayonnement solaire reçu au niveau du sol

II-3-3) Différents types d'énergies solaires

Sur Terre, il existe différents types d'énergies solaires tout d'abord nous allons les citer et ensuite les expliquer :

- _ L'énergie passive
- _ L'énergie thermique
- _ L'énergie photovoltaïque
- _ L'énergie thermodynamique

a) l'énergie passive

C'est une énergie non polluante et qui est disponible en grande quantité. Ce type d'énergie va être utilisé pour le chauffage, pour l'éclairage naturel et la climatisation des locaux.

Son fonctionnement : l'énergie lumineuse du soleil qui pénètre à l'intérieur des pièces par les fenêtres et qui est absorbée par les murs mais aussi par les meubles, par les planchées, est rejetée sous forme de chaleur.

b) l'énergie solaire thermique

Cette énergie est la transformation des rayons du soleil en énergie thermique c'est-à-dire en chaleur. Cette énergie peut être utilisée directement soit pour le chauffage mais aussi pour obtenir de l'eau chaude.

Le principe général est de concentrer les rayons solaires en un seul endroit. Ceux-ci sont alors piégés par des capteurs solaires thermiques vitrés qui transmettent l'énergie solaire à des absorbeurs métalliques. Ces mêmes absorbeurs réchauffent alors un réseau de tuyaux où circule un fluide caloporteur (c'est-à-dire un fluide qui reçoit de la chaleur en un point de son circuit et qui la cède en un autre point). Cet échangeur va ensuite chauffer à son tour de l'eau stockée dans un cumulus, cette même eau ira alimenter chauffe-eau (pour l'eau sanitaire) et systèmes de chauffages solaires.

c) l'énergie photovoltaïque

Cet effet photovoltaïque a été découvert par Alexandre Edmond Becquerel en 1839. Cette forme d'énergie reste aujourd'hui quantitativement négligeable mais on lui prédit un grand avenir, son coût baissera fortement dans les années à venir. Cette énergie sera durable et ne devra nécessiter d'aucun entretien. Elle peut répondre aux besoins en énergie électrique d'une maison, contrairement aux autres formes d'énergies solaires qui ne produisent que de la chaleur grâce aux capteurs du panneau qui transforme les rayonnements du soleil en cellule photovoltaïque. Une cellule photovoltaïque est un composant électronique qui est exposé à la

lumière, génère une tension électrique, ces cellules se présentent sous la forme de deux fines plaques. Le courant qui en ressort est continu donc cette énergie produit de l'électricité.

d) l'énergie thermodynamique

L'énergie solaire thermodynamique est un moyen de produire de l'électricité et d'accumuler l'énergie thermique nécessaire à cette production pendant plusieurs heures après le coucher du soleil, dans des centrales solaires à concentration. Le principe est de concentrer la chaleur du soleil par des miroirs pour chauffer un fluide haute température (plusieurs centaines de degrés) afin de générer de la vapeur par échange thermique pour ensuite produire de l'électricité au moyen d'une turbine. Le fluide utilisé peut conserver sa chaleur pendant plusieurs heures après le coucher du soleil, cela permet de produire de l'électricité en début de soirée, au moment où la consommation est la plus importante.

Cette énergie solaire thermodynamique est semblable a principe d'une centrale électrique classique dont nous avons le fonctionnement ci-dessous.(la combustion du charbon , fioul ou gaz (1) produit de la chaleur qui transforme l'eau de la chaudière en vapeur (2) qui elle fait tourner une turbine qui entraîne un alternateur produisant un courant électrique amené dans les lignes(3))

II-3-4- Le gisement solaire en Algérie

Le gisement solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible au cours d'une période donnée. Il est utilisé pour simuler le fonctionnement d'un système énergétique solaire et faire un dimensionnement le plus exact possible compte tenu de la demande à satisfaire.

De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un gisement solaire énorme comme le montre la figure (II.26).

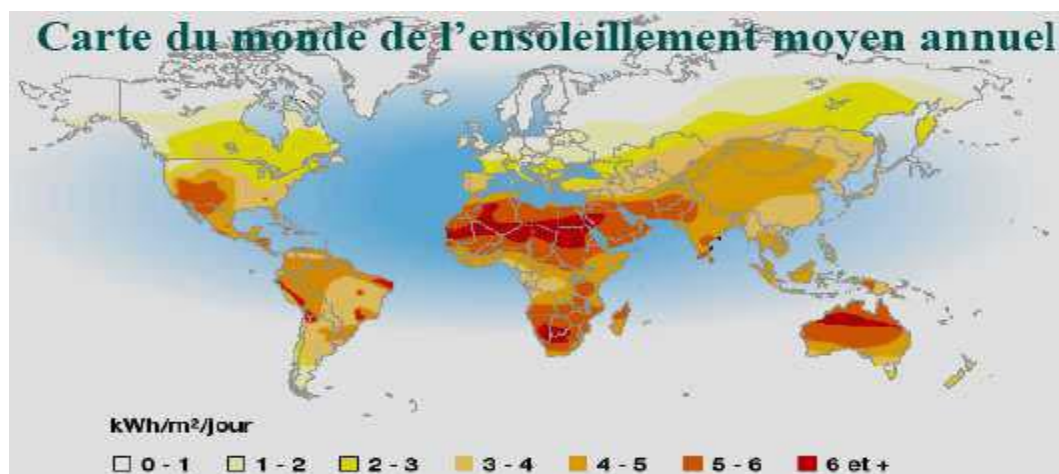


Figure II.26 : Carte du monde de l'ensoleillement moyen annuel

Suite à une évaluation par satellites, l'Agence Spatiale Allemande (ASA) a conclu, que l'Algérie représente le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen, soit 169.000 TWh/an pour le solaire thermique, 13,9 TWh/an pour le solaire photovoltaïque. Le Potentiel solaire algérien est l'équivalent de 10 grands gisements de gaz naturel qui auraient été découverts à Hassi R'Mel. La répartition du potentiel solaire par région climatique au niveau du territoire algérien est représentée dans le tableau 1.2 selon l'ensoleillement reçu annuellement [53]

Régions	Régions côtières	Hauts plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée moy. d'ensoleillement (h/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (kWh/m ² /an)	1700	1900	26500

Tableau II.1 : Ensoleillement reçu en Algérie par régions climatiques

La durée d'insolation dans le Sahara algérien est de l'ordre de 3500h/an est la plus importante au monde, elle est toujours supérieure à 8h/j et peut arriver jusqu'à 12h/j pendant l'été à l'exception de l'extrême sud où elle baisse jusqu'à 6h/j en période estivale. La région d'Adrar est particulièrement ensoleillée et présente le plus grand potentiel de toute l'Algérie.

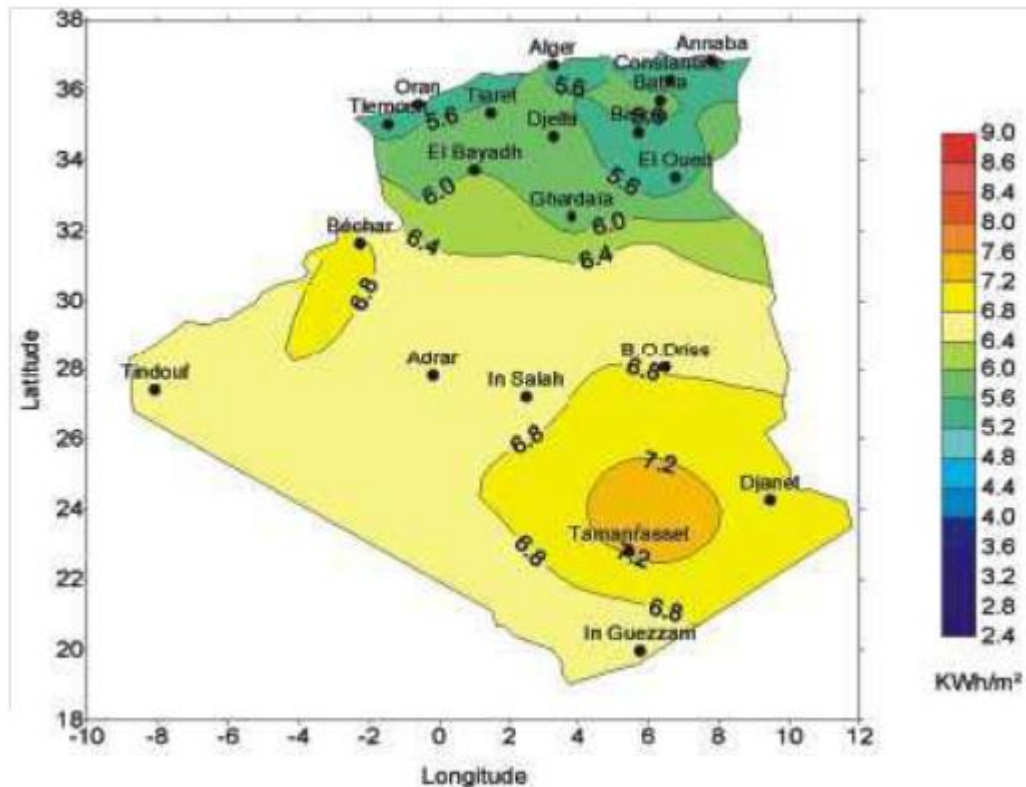


Figure II.27 : Moyenne annuelle de l'irradiation solaire globale reçue sur un plan incliné à la latitude du lieu

II-3-5-Caractéristiques climatique de l'Algérie**II-3-5-1.Données géographiques**

D'une superficie de 2.381.741 Km², l'Algérie présente une diversité de zones climatiques qu'on peut classer en trois catégories.

1. Le Tell : climat tempéré humide de type méditerranéen.

2. Les Hautes plaines : climat de type continental.

3. Le Sahara : climat aride et sec. Elle est compose entre les latitudes 18° et 38° Nord, et entre 9° de longitude Ouest, et 12°de longitude Est, le méridien international 0° Greenwich passant près de Mostaganem. Les distances entre le nord et le sud, l'est et l'ouest varient de 1500 à 2000 Km [54].

II-3-5-2.Zones climatiques en Algérie

L'Algérie occupe une vaste étendue territoriale, sa superficie dépasse les deux millions de Km². Plus de 4/5 de sa superficie est désertique. D'où une large variété géographique et climatique allant du littoral au désert. La classification climatique en Algérie permet de distinguer quatre zones principales (voir figure II.28) : Zone A : Littoral marin ; Zone B : Arrière littoral montagne, Zone C : Hauts plateaux ; Zone D : Présaharien et saharien.

Le littoral marin jouit d'un climat particulièrement tempéré, dû à l'action modératrice de la mer. Caractérisé par des hivers doux et pluvieux, et des étés chauds et humides avec de faibles amplitudes. Le climat de l'arrière littoral montagne est plus froid en hiver, où l'altitude et l'éloignement de la mer entraînent une baisse de température et des amplitudes diurnes et annuelles. Les étés sont chauds et moins humides.

Or, le climat des hauts plateaux est relativement homogène, à tendance aride et très continentale. Ses hivers sont plutôt froids et longs qu'à la même altitude dans la zone A et B. Les températures sont très basses avec une fréquence de neige. Ses étés sont chauds et secs. Le climat Présaharien ou saharien est caractérisé par l'intensité du rayonnement solaire et une faible humidité, d'où le caractère du climat aride. L'absence de nuages favorise une forte amplitude de température. La période froide est plus courte avec des jours modérés et des nuits très froides. L'été est très chaud et rigoureux, les températures atteignent les 45°C à l'ombre avec les vents intenses de siroco [55].

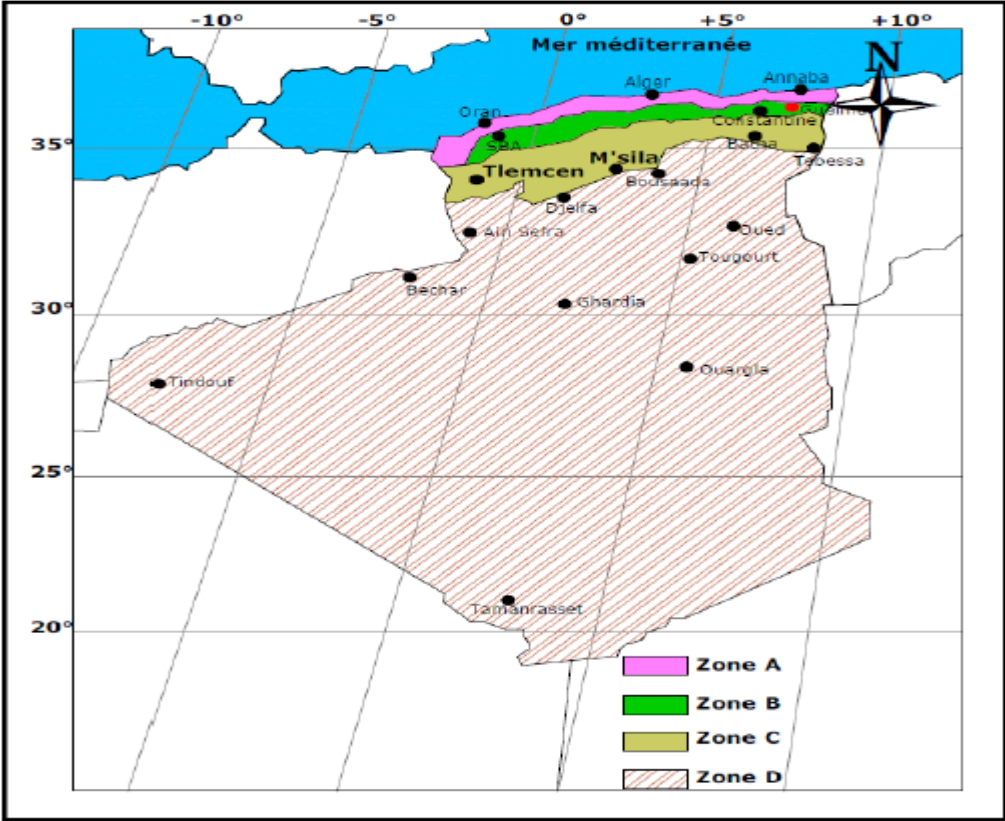


Figure II.28 : Classification du climat en Algérie