

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abderrahmane Mira de BEJAIA

Faculté de la Technologie

Département de Génie Civil

Option : Matériaux & Structures

MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du Diplôme du **Master II** en
Génie civil

THEME :

**MODÉLISATION ET SIMULATION DE
QUELQUES SYSTÈMES DE
RAFRAICHISSEMENTS
PASSIF EN CLIMAT ALGÉRIEN**

Proposé par :

Mme : H.CHIKH AMER

Réalisé par :

TEBAA HAMZA

Promotion : 2011 /2012

Sommaire

Chapitre I : Systèmes passifs de rafraîchissement

| | |
|--|-----------|
| 1. Introduction | |
| 2. Le rafraîchissement passif | 01 |
| 2.1 Le principe | 01 |
| 2.1.1 prévention | 01 |
| 2.1.2 Le traitement | 03 |
| 2.2 Différents techniques passives de rafraîchissement | 03 |
| 2.2.1 Ventilation naturelle | 03 |
| 2.2.1.1 Ventilation naturelle avec contrôle des débits d'extraction | 05 |
| 2.2.1.2 Ventilation mécanique contrôlée (VMC) | 05 |
| 2.2.2 La ventilation nocturne | 06 |
| 2.2.3 Rafraîchissement radiatif | 07 |
| 2.2.4 Rafraîchissement évaporatif | 08. |
| 2.2.4.1 Les différents systèmes évaporatifs | 09. |
| 2.2.5 Systèmes hybrides | 11 |
| 2.2.5.1 Systèmes hybrides à évaporation directe à pad | 11 |
| 2.2.5.2 Systèmes hybrides à évaporation combinée | 13 |
| 2.2.6 Rafraîchissement par contact avec la terre « ground cooling » | 13 |
| 2.2.7 Rafraîchissement par toiture végétalisée | 14 |
| 2.2.7.1 Quels sont les constituants de la toiture végétale ? | 14 |
| 2.2.7.2 Avantages de la toiture végétale | 15 |
| 2.2.7.3 Les inconvénients de toiture végétale | 16 |
| 2.2.8 L'inertie thermique | 17 |
| 2.2.9 L'aspect architecturales | 19. |
| Conclusion | 20 |

Sommaire

Chapitre II : Consommation énergétique en Algérie

| | |
|--|----|
| 1-Introduction et problématique énergétique..... | 20 |
| 2-La consommation mondiale de l'énergie..... | 22 |
| 3-La consommation énergétique en Algérie..... | 25 |
| 3-1- Consommation de gaz naturel en Algérie..... | 27 |
| 3-2- Consommation de l'électricité en Algérie..... | 28 |
| 4- Conclusion..... | 29 |

Chapitre III : Description du logiciel TRANSYS

Introduction

| | |
|---|----|
| 1-Description du logiciel..... | 30 |
| 2-Fonctionnement..... | 30 |
| 3-Utilisation du logiciel TRANSYS..... | 32 |
| 4-Les différentes interfaces de TRANSYS..... | 35 |
| 4.1 TRNBuild..... | 35 |
| 4.2 TRNEdit..... | 37 |
| 4.3 TRNSYS Studio..... | 37 |
| 5-Les différents types utilisés dans l'interface TRNStudio..... | 38 |
| 6-Les liaisons entre les types..... | 40 |
| 7-Avantages du logiciel..... | 41 |
| 8-Inconvénients..... | 41 |
| 9-Déroulement de la simulation..... | 42 |
| 10- Conclusion..... | 43 |
| Conclusion générale de la recherche bibliographique | 44 |

Sommaire

Chapitre IV : Modélisation, simulations et résultats

| | |
|---|----|
| Introduction | |
| IV-1 Présentation et description du bâtiment simulé | 45 |
| IV-1-1 Géométrie du bâtiment étudié | 45 |
| IV-1-2 Constituants des parois du bâtiment simulé | 45 |
| IV-1-3 Modélisation des différents systèmes | 46 |
| IV-1-4 Modélisation du bâtiment au sein de TRNSYS | 47 |
| IV-1-4-1 Description du bâtiment au sein de l'interface de TRNBUILD | 47 |
| IV-1-4-2 Couplage bâtiment environnement au sein du TRNSTUDIO | 53 |
| IV-1-4-2-1 Liaison entre les types | 54 |
| IV-2 Analyse du comportement thermique du bâtiment selon le système mis en œuvre | 59 |
| IV-3 Résultats et Discussions | 60 |
| IV-3-1 Analyse des courbes de températures | 60 |
| IV-3-2 Analyse des courbes des humidités | 63 |
| IV-3-3 Effet des dimensions des ouvrants sur les conditions de confort | 65 |
| IV-3-4 Couplage ventilation traversante – sur ventilation nocturne | 66 |
| IV-3-5 Impact de l'orientation des fenêtres sur les conditions de confort | 68 |
| IV-3-6 Effet des protections solaires | 69 |
| IV-3-7 Couplage sur ventilation nocturne+ protections solaires | 72 |
| Conclusion | 74 |
| Conclusion générale | 75 |

Introduction générale

L'émergence d'une dynamique visant à réduire les consommations dans le secteur du bâtiment s'est traduite par l'apparition d'une nouvelle génération de bâtiments. Ce désir de rationalisation énergétique et d'optimisation se traduit de la part des professionnels par la nécessité d'utiliser des outils d'estimation des performances à tous les stades de la conception. Par ailleurs, de nombreux systèmes de rafraîchissement passif existent, certains très anciens, issus de l'habitat vernaculaire, d'autres issus de recherches récentes. Quels systèmes sont les plus efficaces et les plus favorables en termes de confort d'été en rapport aux coûts des systèmes ? Comment choisir une stratégie de rafraîchissement passif ? Quels couplages privilégier ?

De ce fait, la qualité de l'air a longtemps été négligée. Bien souvent, il faut être soumis à des désordres de types moisissures ou problèmes d'odeurs pour réagir.

Depuis quelques années, la qualité de l'air intérieur fait objet d'études approfondies, et son impact sur la santé et sur le bâtiment est une préoccupation de plus en plus forte.

Les problèmes de qualité d'air peuvent être résolus par l'usage d'un système de ventilation adapté.

L'obtention d'une bonne qualité d'air, c'est se soucier en premier lieu des sources polluantes, et ensuite des moyens de rejeter ces polluants, et la question qui se pose-elle même est :

Comment maintenir les ambiances dans des conditions de confort sans recourir à la climatisation artificielle ?

Ce problème est devenu un enjeu public avec un objectif simple dans sa formulation : dans un contexte de très forte chaleur, comment apporter un bien être à l'utilisateur en choisissant des solutions ayant une qualité environnementale satisfaisantes ?

- En d'autres termes comment rafraîchir sans climatiser ?
- Que peut-on faire pour améliorer le confort d'été des bâtiments ?
- Quelles sont les solutions pour limiter le recours à une climatisation classique énergétique et dont l'utilisation contribue au réchauffement climatique ?

Pour garantir le confort d'été et sa durabilité, sans climatisation, on a recours à des systèmes passifs de rafraîchissement qui sont diverses, tels que : la ventilation naturelle, la ventilation nocturne, le rafraîchissement par évaporation, par contact avec le sol, le puits canadien....etc.

Ces systèmes se basent sur des sources d'énergies naturelles, en fonction de différentes méthodes de transmission de chaleur : convection, conduction et par rayonnement. On peut résumer la justification de l'utilisation des techniques de rafraîchissement par :

- Une ambiance inconfortable en été.
- Le coût élevé de l'installation de climatiseur et de l'énergie utilisée
- La pollution atmosphérique due à l'utilisation des systèmes traditionnels et à fuite des CFC (chlorofluorocarbone HFC (hydrofluocarbone)).

Problématique du travail : ce travail est répartie en deux parties.

La première partie concerne une recherche bibliographique qui permettra de :

- Décrire un état de l'art concernant les solutions de rafraîchissement passif. Ces différents systèmes seront explicités, puis analysés et mis en perspective vis-à-vis des principes physiques qui les régissent.
- Montrer le taux élevé de la consommation énergétique et la nécessité de la réduire par le recours aux systèmes passifs.
- Décrire d'une manière générale le logiciel utilisé dans notre recherche.

Dans une deuxième partie, je décrirai ma démarche pour ce travail de fin d'études, avec notamment la méthode de travail que j'ai adoptée ainsi qu'une description de l'étude menée. Rapporтер mes observations et analyses concernant les résultats des modélisations obtenus afin d'évaluer l'action des systèmes. Une analyse des paramètres mis en place et des modélisations de couplages entre différents systèmes permettront d'avoir un point de vue assez global sur l'action des solutions.

CHAPITRE I :

Systemes passifs de Rafraichissement

I- Introduction

Parmi les préoccupations en matière de conception de l'habitat, celles relatives aux conditions des ambiances intérieures occupent une place prépondérante en raison des contraintes climatiques pendant les périodes chaudes, il est donc impérative de concevoir l'habitat de façon à maintenir les ambiances dans des conditions de confort acceptable afin de minimiser l'utilisation de la climatisation artificielle.

Ce problème est devenu un enjeu public avec un objectif simple dans sa formulation : dans un contexte de très forte chaleur, comment apporter un bien être à l'utilisateur en choisissant des solutions ayant une qualité environnementale satisfaisante ?

En d'autres termes comment rafraîchir sans climatiser ?

Que peut-on faire pour améliorer le confort d'été des bâtiments ?

Quelle sont les solutions pour limiter le recours à une climatisation classique énergétique et dont d'utilisation contribue au réchauffement climatique ?

Pour garantir le confort d'été et sa durabilité, sans climatisation, on a recours à des systèmes passifs de rafraîchissement qui sont diverses, tels que : la ventilation naturelle, la ventilation nocturne, le rafraîchissement par évaporation, par radiation, par contact avec le sol,....etc. Ces systèmes se basent sur des sources d'énergies naturelles, en fonction de différentes méthodes de transmission de chaleur convection, conduction et par rayonnement.

On peut résumer la justification de l'utilisation des techniques de rafraîchissement par :

- *une ambiance inconfortable en été

- *le coût élevé de l'installation de climatiseur et de l'énergie utilisée

- *la pollution atmosphérique due à l'utilisation des systèmes traditionnels et la fuite des CFC (chlorofluorocarbone HFC (hydrofluocarbone)).

2. Le rafraîchissement passif :

2.1 Le principe :

Le principe de rafraîchissement passif se base sur deux critères :

2.1.1 La prévention :

La prévention se fait par la réduction de la charge du bâtiment. Les charges sont de deux types :

- Les charges externes (entre le bâtiment et l'environnement) : celle-ci se résument au :

- Rayonnement solaire transmis à travers le vitrage et celui absorbé par les parois opaques et restitué à l'ambiance.
- Gradient de température entre l'extérieur et l'intérieur.
- Les charges internes amenées par :
 - L'éclairage artificiel
 - Les occupants (métabolisme)
 - Les équipements de différentes natures

Les principaux moyens de prévention sont :

1. La protection solaire en agissant sur le micro climat (voisinage direct du bâtiment en termes de conditions extérieures) :
 - En implantant par exemple de la végétation autour du bâtiment ce qui permettra la protection des rayonnements solaires directs et provoquer le rafraîchissement par évaporation.
 - En choisissant la conception architecturale adéquate par le choix des dimensions et disposition des ouvertures, leur orientation [1].
2. Une bonne conception des éléments de la structure telle que le toit. En effet, le toit c'est la partie du bâtiment la plus exposée aux conditions climatiques, il doit être conçu pour éviter les effets de chaleur, sa surface externe est souvent soumise aux fluctuations de température les plus élargie. Parmi ses caractéristiques importantes : la couleur externe, l'épaisseur et l'isolation [2].
3. Une isolation thermique de l'enveloppe ce qui réduit le transfert de chaleur.
4. L'augmentation de l'inertie thermique du bâtiment. Elle désigne l'ensemble des caractéristiques thermo physique d'un bâtiment qui le font résister à la variation des flux de chaleur qui s'exercent sur lui. L'inertie thermique(ou la masse thermique) est le potentiel de stockage thermique d'un local ou d'une maison. C'est la capacité d'un bâtiment à emmagasiner de la chaleur(ou de la fraîcheur).La propriété des constructions à forte inertie est de conserver une température stable et de se réchauffer ou de se refroidir très lentement, alors que les constructions à faible inertie suivent sans amortissement ni retard les fluctuations de la température extérieure. Les enjeux de l'inertie thermique sont de deux ordres :
 - L'un étant de l'ordre de la sensation : **l'amélioration du confort thermique en été.**
 - L'autre étant de l'ordre économique : **la réduction des consommations.**

En effet, l'enjeu principal consiste à limiter l'inconfort du aux fortes variations de températures dans les bâtiments à l'été, pour corollaire la possibilité de se passer de climatisation (ou au mieux de diminuer sa puissance lorsqu'elle demeure tout de même nécessaire).Il est à noter que les deux enjeux ont un impact immédiat sur l'environnement, puisque réduire les consommations implique nécessairement une diminution de la facture énergétique et de la pollution. L'inertie est caractérisée par le type des matériaux de construction utilisé. Les caractéristiques intervenant sont la diffusivité et l'effusivité qui

représentent respectivement la vitesse de diffusion et la capacité d'absorption d'un flux thermique. Pour une grande inertie, les parois de l'enveloppe devront présenter une faible diffusivité et une forte effusivité : le sol, les constructions massives en pierres le toub et le BTS (béton de terre stabilisée) permettent d'obtenir de forte inertie. Une étude sur le comportement thermique d'une maison traditionnelle en toub et d'un logement identique en béton a montré que la maison en toub ne présente presque pas ou peu des fluctuations internes [3].

2.1.2 Le traitement :

Le traitement est obtenu en utilisant des techniques naturelles. Le principe consiste à rechercher des puits froids naturels et de les utiliser efficacement pour rafraîchir l'ambiance.

On dispose fondamentalement de quatre puits de chaleur :

- L'air extérieur (ventilation, rafraîchissement évaporatif).
- La terre puisque sa température est généralement inférieure à celle de l'air (rafraîchissement par tube enterrés : ground-cooling).
- Le ciel qui a une température fictive inférieure à n'importe quelle surface dans l'environnement. Tous les corps à l'extérieur, se refroidissent la nuit par rayonnement GLO avec la voûte céleste.
- L'eau.

Les principaux paramètres climatiques qui influencent le rafraîchissement sont :

- Le rayonnement solaire qui dépend essentiellement de latitude
- La température de l'air
- Le vent
- L'humidité
- La nébulosité

2.2 Différentes techniques passives de rafraîchissement :

2.2.1 Ventilation naturelle :

Les moyens de mettre « naturellement » l'air en mouvement sont connus depuis longtemps, ces moteurs sont :

- Le tirage thermique (gradient des masses volumiques en fonction de la température et de l'altitude).
- La pression éolienne (effet du vent).

a- Ventilation naturelle à tirage thermique :

Il résulte des forces ascensionnelles de masses d'air chauffées placées dans un environnement plus froid. En période d'hiver, l'air dans un conduit de ventilation ou de fumée est plus chaud et plus léger que l'air extérieur. Il tend à s'échapper en partie haute du conduit et à instaurer une dépression en partie basse. L'air extérieur, plus froid et plus dense, pénétrant par les entrées d'air des pièces principales, tend à combler ce vide en traversant le logement ; la circulation de l'air qui en résulte assure la ventilation. La pression motrice due au tirage thermique est proportionnelle à la hauteur de conduit de ventilation et à la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur (figure1). Elle est assurée et facilitée par la bonne orientation. La différence de pression entre les façades sous l'effet du vent ou de la température permet la ventilation de manière régulière, la double orientation est indispensable en ventilation naturelle lorsque le tirage thermique est faible.

La ventilation est assurée naturellement par les masses d'air frais et d'air froid en disposant les grilles scellées dans les façades ou intégrées dans les menuiseries dans pièces principales.

Les sortie d'air se font de la même manière ou par des conduits verticaux situés dans les pièces humides.

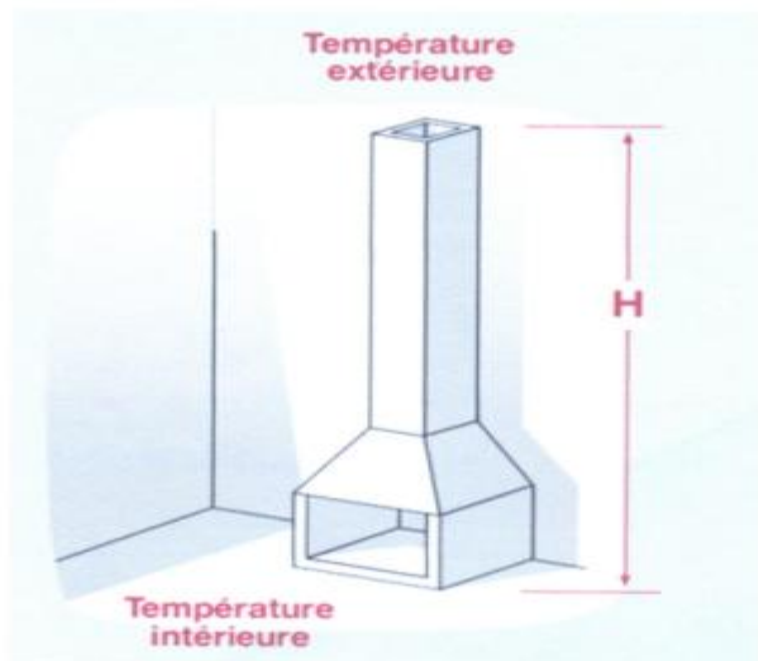


Figure1.1 : Principe de tirage thermique

b- Ventilation naturelle par conduit :

Le principe de cette ventilation repose sur la différence de température, plus chaude dans le logement et le conduit, plus froide à l'extérieur, telles les cheminées.

Ce principe de ventilation est perturbé par les changements des saisons (plus chaude) et le phénomène tourbillonnaire du vent :

La température de l'air au voisinage des toitures, au printemps, peut être supérieure à celle de l'intérieur, ce qui tend à inverser le tirage, également le phénomène tourbillonnaire du vent peut parfois perturber le tirage. En conséquence la régularité du renouvellement d'air se trouve perturbé, d'où la mise au point de divers systèmes de ventilation plus performante.

2.2.1.1 Ventilation naturelle avec contrôle des débits d'extraction :

C'est un système dont le principe consiste à l'utilisation de clapets régulateurs de débit, ayant des bouches d'extraction hygroréglable : c'est la ventilation statique.

2.2.1.2 Ventilation mécanique contrôlé (VMC) :

Étant donné que la ventilation naturelle par conduit est aléatoire, la VMC est imposée pour la maîtrise de l'extraction de l'air vicié, chargé l'humidité. Son principe repose sur la mise au point des systèmes aérauliques avec ventilateurs. L'air vicié est extrait des pièces de service (cuisine, salle de bain, WC...) par l'intermédiaire de bouche reliées un groupe d'extracteurs par des conduits puis évacué à l'extérieur.

On distingue :

a. Ventilation mécanique contrôlée(VMC) simple flux :

La plus simple consiste à l'extraction de l'air vicié par un ventilateur placé sur une toiture sur une gaine collective. A la gaine collective des gaines de distribution relient des bouches d'évacuation qui sont en général auto réglable, placées dans les pièces de service. L'air frais est introduit dans les pièces principales par des bouches d'amenée d'air auto réglable, en partie supérieure des menuiseries de façade.

La réalisation de cette VMC, exige un soin particulier de l'étanchéité des menuiseries et que la circulation d'air soit assurée même quand les portes des différentes pièces sont fermées.

b. Ventilation mécanique contrôlée(VMC) double flux :

Le principe consiste à introduire l'air frais par soufflage (gaines et ventilateurs) dans les pièces principales. Une récupération des calories de l'air extrait et assurée par l'intermédiaire d'échangeurs statiques.

Elle présente l'avantage d'un meilleur traitement acoustique mais présente la quasi-absence de dépression à l'intérieur du logement.

c. Ventilation mécanique contrôlée(VMC) avec entrée d'air pariéto dynamique :

Par rapport à une VMC ordinaire elle présente la particularité du chemin d'entrée d'air frais, celui-ci chemine à l'intérieur d'un mur ou d'un double vitrage. Ceci conduit un meilleur confort (l'air neuf est préchauffé) et une diminution des déperditions thermiques.

2.2 La ventilation nocturne :

La ventilation nocturne est une ventilation qui se passe le soir (la nuit).Le rafraîchissement par rayonnement nocturne est basé sur la perte de chaleur par rayonnement de grande longueur d'onde qui se déplace d'un corps vers un autre corps de température plus faible. Ce dernier joue le rôle d'un puits de chaleur.

Dans les climats à écarts de température entre le jour et la nuit suffisant, un rafraîchissement considérable peut être apporté par la ventilation nocturne. Cependant celle-ci n'est efficace que si le bâtiment a une inertie suffisante. Son principe est d'évacuer la nuit le trop plein de chaleur accumulée par les apports solaires internes due à l'éclairage, ou à l'occupation humaine. L'évacuation des calories peut se faire en toute simplicité par la simple ouverture des baies. L'influence de la ventilation nocturne sur la température chaude (journée très chaude) a été étudiée [4]. On a montré que la ventilation nocturne avec un renouvellement d'air ($v=10N$), conserve une température plus basse même pendant la journée quand le bâtiment est fermé. Les températures nocturnes sont également plus basses que dans une maison conditionnellement ventilée. L'effet des différents taux de ventilations nocturne a été analysé. Plus le taux est élevé, plus la température intérieure est basse. Un taux de ventilation nocturne très élevé, donne des températures nocturnes agréables pour dormir.

- **Plusieurs études ont été faites sur le concept de la ventilation nocturne.**

- **Santamouris et al.** Ont élaborés une méthode de calcul d'énergie de rafraîchissement ramenée par la ventilation nocturne [5,6].

- **Kolokotroni et Aronis** :déclarent que la ventilation nocturne réduit la consommation de l'énergie dans les bâtiment à haute et faible inertie thermique afin de déterminer l'efficacité de la ventilation nocturne et son intervention dans la baisse des températures [8].

- **Blondeau et al** : ont évalué le bilan d'énergie, et les critères du confort liés à la ventilation nocturne [4].

- **Herkel et al** : ont développé une approche pour évaluer l'efficacité de la ventilation nocturne avec des données mesurées à long terme [9].

2.2.3 Rafraîchissement radiatif :

En climatisation passive, le refroidissement se passe entre le bâtiment et la voûte céleste qui est le puits de chaleur, dont la température est plus faible que la majorité des corps existants sur le globe terrestre. Il existe deux procédés qui peuvent être utilisés dans le cas du rafraîchissement radiatif .Le premier est un procédé passif.

Dans ce cas l'enveloppe de bâtiment émet des radiations vers la voûte céleste et se refroidit, ce qui augmente la perte de chaleur à l'intérieur du bâtiment .Le second est un procédé hybride, qui utilise un panneau de plaque métallique disposé en toiture qui joue le rôle du radiateur. Le principe de fonctionnement de ce système est l'opposé de celui d'un collecteur solaire, l'air refroidi par circulation sous la plaque métallique avant d'alimenter le bâtiment. Cette plaque métallique est déposée entre le bâtiment et la voûte céleste [7,8].

Les terrasses sont les plus exposées la nuit au rayonnement terrestre et dégagent le plus de chaleur vers le ciel contribuant au refroidissement de toute la maison. L'architecte H.HAY [10] a proposé un système passif à réaliser sur la toiture composé de bacs d'eau protégés par une isolation mobile. En été, cette isolation est délogée la nuit et mise en place le jour. En hiver, le procédé est inversé pour favoriser la fonction de stockage de chaleur en journée qui sera restituée à la maison la nuit. L'efficacité d'un tel système dépend de la température radiante du ciel qui doit être la plus basse possible.

2.2.4 Rafraîchissement évaporatif :

D'une part le rafraîchissement évaporatif est basé sur, le changement de phase (d'un état liquide à l'état de vapeur), pour cela une quantité d'énergie est indispensable « chaleur latente » d'évaporation.

Dans le cas où l'évaporation a eu lieu dans un air plus chaud que les gouttes (ou film) d'eau, cette chaleur latente est prise de l'air. Ce dernier se rafraîchi et sa teneur en eau augmente. Dans ce cas, le maximum de rafraîchissement a lieu quand l'air en sortie de système est saturé, c'est le système évaporatif direct (figure 1. 2) [11]. Dans le cas où l'on ne souhaite pas changer l'air refroidi en vapeur d'eau et maintenir la teneur en eau constante, on utilise des systèmes évaporatifs munis d'échangeur de chaleur, qui nous permet de refroidir l'air traité disposée dans le compartiment sec de l'échangeur par un air du compartiment humide préalablement refroidi par évaporation direct. Ce procédé fait appel aux échanges sensibles, il n'y a pas de contact direct entre l'air traité et l'air de compartiment humide. La représentation de ce phénomène sur un diagramme psychrométrique s'effectue le long d'une droite d'iso température humide. D'après ce diagramme, on constate que le maximum de rafraîchissement a lieu quand l'air en sortie du système est saturé. Les systèmes de refroidissement utilisant cette technique sont qualifiés de systèmes évaporatifs directs. Le rafraîchissement s'effectue le long de la droite d'iso teneur en humidité A-B. (figure 1. 3) Les systèmes utilisant cette technique qualifiée de système évaporatifs indirect. Pour améliorer le pouvoir de refroidissement évaporatifs, on peut utiliser une technique combinant les deux procédés évaporatifs (direct et indirect). Le rafraîchissement s'effectue par échange sensible le long de la droite A-B et par échange latent le long de la droite B-C [12].

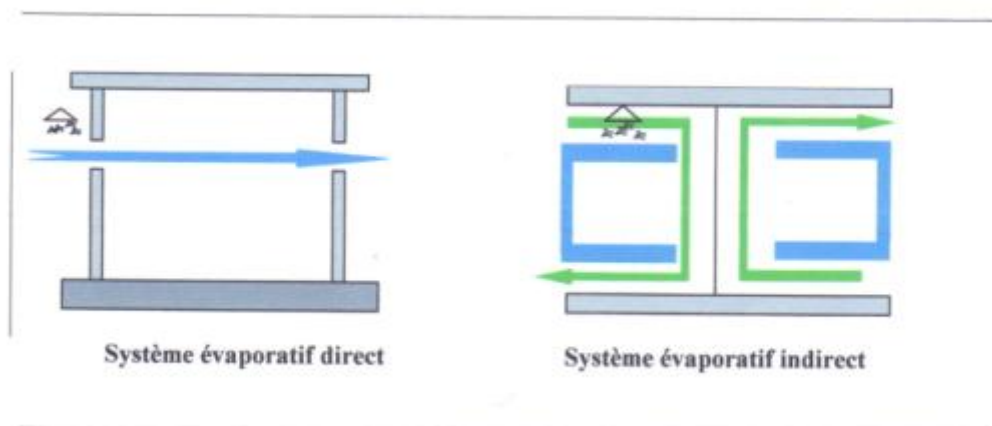


Figure 1. 2 : Système évaporatif direct et indirect

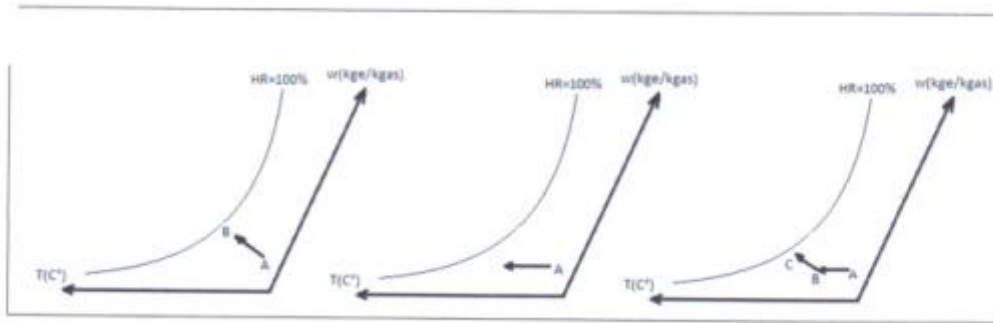


Figure 1.3 : Représentation schématique de diagramme de l'air humide pour les trois types de refroidissement.

2.2.4.1 Les différents systèmes évaporatifs :

a- Systèmes naturels (rafraîchissement évaporatif direct) :

Le rafraîchissement se fait par :

- Évaporation de végétation
- Fontaine
- Bassins d'eau
- Les sprays générés par arroseurs rotatifs
- Chute d'eau

Le principe est la conversion de chaleur sensible à la chaleur latente. L'air saturé est refroidi par la chaleur ainsi l'augmentation du transfert de masse en forçant le mouvement d'air à travers une eau liquide agrandie, glacé la région pour l'évaporation en utilisant des ventilateurs. Une quantité de chaleur sensible de l'air est transférée à l'eau et devient chaleur latente en faisant évaporer une quantité d'eau. La chaleur latente suit la vapeur de l'eau et diffuse dans l'air.

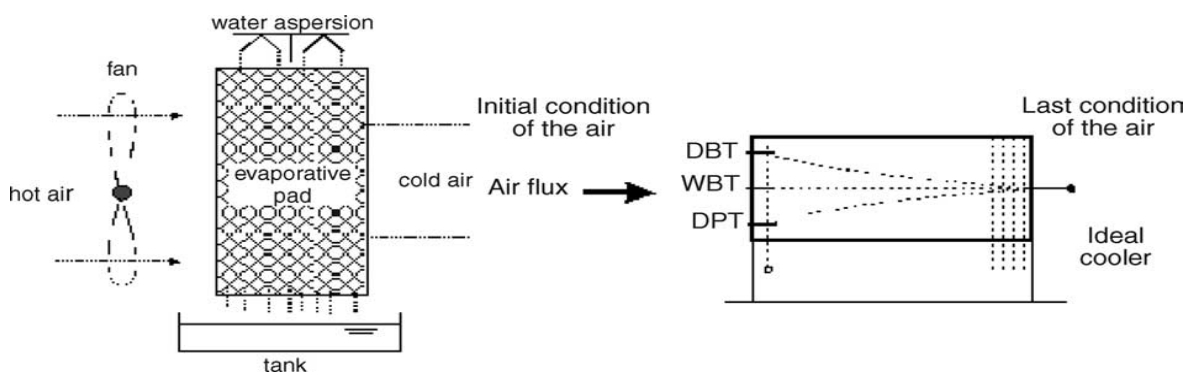


Figure 1.4 : Spectacles d'un schéma de refroidissement évaporatif direct.

Les arbres et les autres plantes transpirent de l'humidité dans le but de rejeter leurs chaleurs sensibles. Un arbre de taille moyenne fait évaporer 1460kg d'eau durant une journée ensoleillée d'été, soit une énergie de rafraîchissement de 870MJ équivalente à celle de cinq climatiseurs individuels. L'utilisation de ces facteurs naturels (fontaines, bassins d'eau...) lors de l'exposition universelle de Séville de 1992, a permis d'abaisser la température de l'espace avoisinant de l'ordre de 2°C à 4°C. L'économie d'énergie électrique réalisée, allant de 250KW à 650KW, suite à l'utilisation de procédé d'évapotranspiration au lieu d'eau d'un climatiseur classique [1].

b- Système évaporatifs indirects :

Dans ce cas, on n'augmente pas la teneur en eau de l'ambiance. Parmi ces systèmes :

- **Les arroseurs de toiture « Roofs sprinkler » :** la mise en place d'un système d'arrosage au niveau de la toiture permet d'absorber une grande quantité de chaleur (chaleur latente d'évaporation), de rafraîchir la toiture et de diminuer par conséquent la charge de bâtiment.
- **Les bassins d'eau en toiture :** construire un bassin rempli d'eau au niveau de la toiture permet rafraîchir l'ambiance d'une façon directe. La surface d'eau continue dans le bassin est recouverte durant la journée.

Durant la journée, les phénomènes de convection favorisent l'évaporation de l'eau du bassin permettent de rafraîchir la toiture et de façon indirecte le bâtiment. Durant la nuit l'ombrage est enlevé, le rayonnement nocturne de la voûte céleste permet de rafraîchir directement la toiture de bâtiment. Selon GONZALEZ, pour utiliser efficacement cette technique, il faut que la température humide de l'air extérieur soit inférieure à 20°C [1].

Les murs humides : le rafraîchissement est assuré dans ce cas un mur imperméable appartenant à l'enveloppe du bâtiment, constitué de film d'eau conducteurs de chaleur constamment alimenté en sa surface externe de film d'eau. La surface intérieure se trouve refroidie, elle représente le puit de chaleur qui absorbe la chaleur continue dans le bâtiment sans charger de vapeur d'eau [1]

➤ **Développements récents :**

Plusieurs savants ont consacré leurs recherches au développement du système de refroidissement évaporatif direct et indirect tel que :

Leung : présente une recherche expérimentale de la convection forcée entre un courant d'air et une surface intérieure horizontale d'un isocèle conduit triangulaire [13].

Halas : a présenté une dimension générale de modèle mathématique qui décrit le refroidissement évaporatif et les appareils utilisés aujourd'hui.

Camargo, Cardoso et Travelho : développent une recherche ou une étude de balance thermique pour les systèmes de refroidissement direct qui ont été développés [15].

Camargo, Ebinume : ont présenté les principes d'opérations pour ce système et le développement mathématique des équations d'échanges thermiques, tenir compte de la détermination de chaleur transférée par convection et les coefficients primaire et secondaire du courant d'air [16].

Dai et Sumathy : ont enquêté sur une croix de courant d'une glacière à évaporation directe, dans la quel le rayon de miel, et le papier constitue la matière de l'emballage sont mouillés et les résultats indiquent qu'elle existe une longueur optimum de l'air, le canal et la performance peuvent être améliorées en optimisant quelques paramètres de l'opération [17].

Al-Sulaiman : a évalué la performance de trois fibres naturelles, (fibre de la paume, jute et luffe), utilisées comme coussinets mouillés dans le refroidissement évaporatif [18].

Camargo, Ebinuma et Silveira : présentent une méthode de l'analyse du thermo-économique basé sur : l'application de la première et la deuxième loi de la thermodynamique à un système de rafraîchissement évaporatif associé à une absorption déshumidificateur [19].

Watt : a développé les premières analyses du système de refroidissement évaporatif [20].

2.2.5 Systèmes hybrides :

Ces systèmes font appel à des éléments qui consomment peu de l'énergie électrique, et sans faire appel à un cycle frigorifique des CFC.

2.2.5.1 Systèmes hybrides à évaporation directe à pad :

Il existe deux catégories dans ce système :

- La première utilise des matériaux poreux imprégnés d'eau. Une pompe alimente en eau la structure poreuse généralement la structure utilisé est de types nid d'abeilles en cellulose ou en plastique « pad-cooling » (figure 1. 5) et (figure 1. 6). L'acheminement de l'air s'effectue par un ventilateur. Le passage de l'air à travers les surfaces poreuses chargées de pellicules d'eau permet le rafraîchissement adiabatique de cet air.

L'efficacité d'un tel système est comprise entre 0,5 à 0,8 pour une surface unitaire de pad ($A=1\text{m}^2$), la consommation électrique du système ne dépasse pas 0,05w pour un débit d'air unitaire et leurs consommation d'eau n'excède pas 0,4 litre par jour et par débit d'air unitaire. Ce type de système est appelé pad [21].

- La deuxième injecte l'eau sous forme d'un brouillard de gouttelettes directement dans l'ambiance à traiter à l'aide d'un réseau de canalisation dans lequel circule de l'eau à haute pression. Un nuage de gouttelettes fines est pulvérisé de la buse vers le rafraîchissement de l'ambiance : système de brumisation.

Les systèmes hybride a vaporisation direct s'adapte pour des climats dont la température humide de l'air est inférieure à 26°c [21].

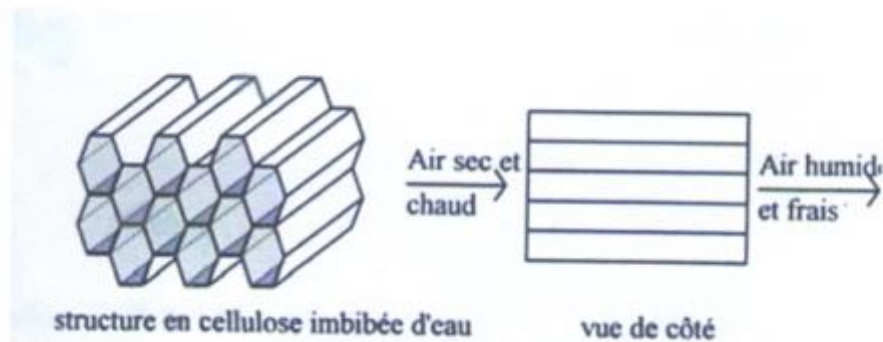


Figure 1. .5- Représentation schématique d'un système à échangeurs à nids d'abeilles (pad cooling)

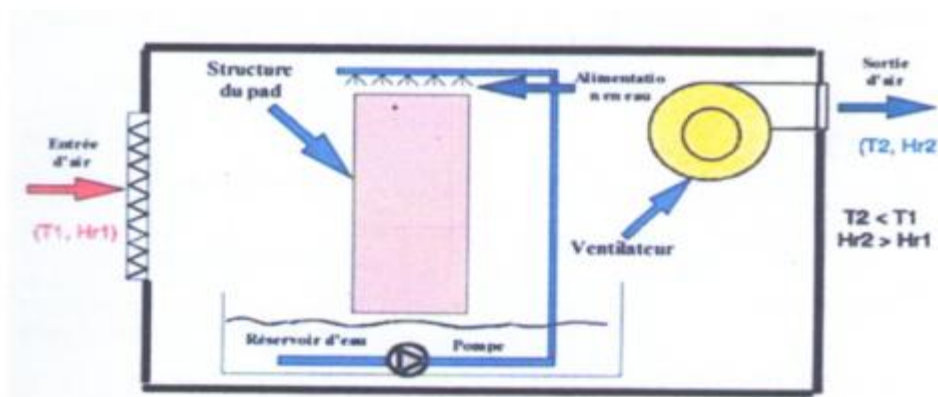


Figure 1. 6 : schéma d'un système de rafraîchissement évaporatif à nids d'abeilles ou pad

2.2.5.2. Systèmes hybrides à évaporation combinée :

On peut combiner les deux systèmes pour un meilleur rendement. Le premier système évaporatif indirect modélisé est composé du pad couplé à un échangeur thermique à plaques planes. Le schéma (**figure 1. 7**) montre les deux cas de figure 1. pouvant exister dans un tel système passif .Le système indirect assure l'étape de rafraîchissement sensible à teneur en eau constante et le système direct assure la phase de rafraîchissement adiabatique. Notons que l'air rafraîchi par évaporation adiabatique n'est pas en contact avec l'air injecté dans la zone climatique, puisqu'il passe par un échangeur thermique. L'efficacité de ce système se situe généralement entre 0,3 et 0,7[21].

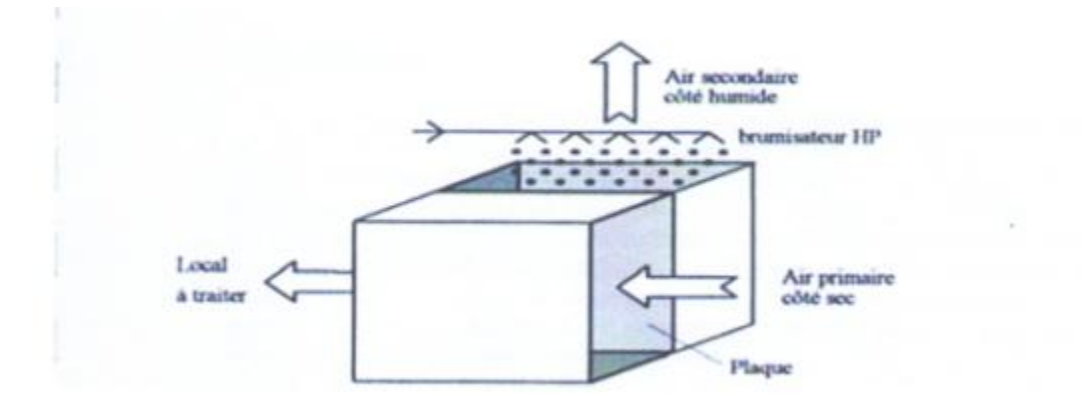


Figure 1. 7 : Schéma de fonctionnement du système évaporatif combiné (élément à échangeur évaporation à plaques)

2.2.6 Rafraîchissement par contact avec la terre « ground cooling » :

Le concept de « ground cooling » est basé sur la dissipation de chaleur du bâtiment vers la terre qui durant la période estivale a une température plus faible que l'ambiance. Deux méthodes peuvent être utilisées pour profiter de la faible température estivale de la terre : l'une est basée sur le rafraîchissement par contact indirecte et l'autre indirecte ou le rafraîchissement se fait par tubes entrées. Le principe de rafraîchissement par contact direct avec le sol (fig.8) consiste à augmenter la perte de chaleur par conduction, le bâtiment est construit de telle manière à ce que la surface de l'enveloppe en contact avec le sol soit important. Dans le cas où il est difficile d'appliquer le contact direct, on peut utiliser la température de la terre pour refroidir l'air intérieur du bâtiment indirectement, au moyen des tubes enterrés. Le principe de cette technique est d'aspirer l'air et de l'injecter dans le

bâtiment après avoir traversé les tubes enterrés. La température de la sortie du tube sera plus faible qu'à l'entrée on observe le phénomène inverse en hiver [22].

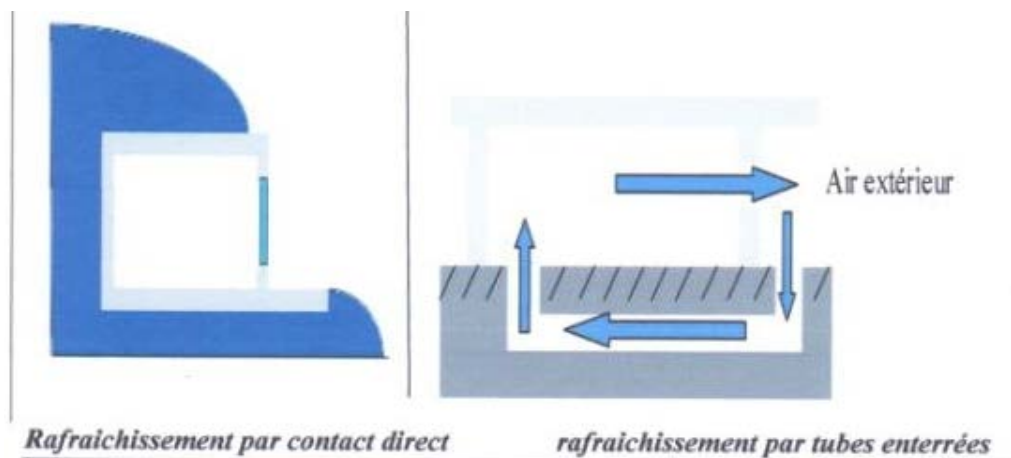


Figure 1.8 : Les deux approches de « ground cooling »

2.2.7 Rafraîchissement par toiture végétalisée :

La toiture végétale (**green roof**) consiste à recouvrir le toit d'un bâtiment avec une couche végétale. Plusieurs expériences en Europe, surtout en Allemagne, Suisse, Pays Bas, Belgique et en France, ont montré que pour des objectifs esthétiques ou durables comme dans la perspective de restauration ou protection de la biodiversité et de l'environnement en milieu urbain (en particulier concernent la qualité de l'air et l'atténuation des îlots de chaleur urbain), l'aménagement d'un « éco toit » se révéla intéressant. L'effet rafraîchissant de la végétation est dû aux effets combinés d'une réduction de la température d'air, d'une réduction de la radiation solaire, d'un accroissement de l'humidité relative, mais aussi une réduction des vents et une modification locale de leur direction.

2.2.7.1 Quels sont les constituants de la toiture végétale ?

Une toiture végétale se compose des éléments suivants (figure 1. 9).

- Une structure portante en béton, en acier ou en bois
- Une couche d'étanchéité (bâches spéciales en plastique ou des éléments étanches non métalliques)
- Une couche éventuelle de drainage et de filtration
- Un substrat de croissance (billes d'argile expansée ou d'ardoise expansée, particules de lave, pierre ponce, zéolithe...)
- Une couche végétale.

Cette toiture verte peut accueillir différentes sortes de végétaux (sédums, plantes herbacées, plantes grasses ou de rocaille) et changera d'aspect en fonction des saisons et de la floraison de ces plantes.



Figure 1.9 : Schémas de la toiture végétale [23].

2.2.7.2. Avantages de la toiture végétale :

La toiture végétale présente de nombreux avantages, tant sur le plan de l'esthétique et de la durabilité, que dans une perspective de protection de la biodiversité et de l'environnement en milieu urbain. Les toitures végétales permettent tout d'abord de redonner aux villes une indéniable valeur esthétique et de mieux intégrer les bâtiments dans leur environnement. Les coûts d'entretien et les surcoûts de construction sont faibles en comparaison des avantages pour l'habitat. En effet, la stabilité et l'étanchéité des toitures végétales sont supérieures à celles des toitures plates classiques améliore le confort thermique et acoustique du bâtiment et humidifie l'air ambiant.

De plus, cette toiture écologique s'inscrit dans la démarche Haute qualité environnementale (HQE) car elle permet :

- Une amélioration de la qualité de l'air (diminution des taux CO et CO₂, apport d'oxygène, filtration de polluants atmosphériques tels le dioxyde de soufre ou l'oxyde d'azote).
- réduction de l'effet d'ilots thermique urbain : 1 à 2°C [23].
- Une augmentation de la superficie de nature sauvage et d'espaces verts.
- Une protection de la biodiversité (car ces toits offrent des habitats à la vie sauvage)
- Une filtration et une épuration biologique des eaux de pluies
- Une régulation des débits hydriques (le toit végétale accumule l'eau dont une partie est utilisée par les plantes).
- Réduction annuelle de la démission de gaz à effet de serre provenant des immeubles : 1,56 mégatonnes et réduction indirecte de 0,62 mégatonnes par réduction de l'effet de l'îlot thermique urbain [23].
- Economie d'énergie.

2.2.7.3. Les inconvénients de toiture végétale :

Bien que la toiture végétale présente des avantages mais elle présente des limites, ces dernières sont principalement d'ordre économique, le surcout initial se compose de deux postes :

- Le renforcement de la structure si les charges entraînées par la végétation extensive est nécessaire (ce qui est rare et ne concerne que les projets de rénovation).
- Le coût propre des matériaux de végétation. (En France une toiture végétale coûte le double d'une toiture étanchée et protégée).

L'efficacité de la toiture végétale a été prouvée par **Santamuris**[24] en effet un toit a été installé dans un bâtiment d'une école maternelle à Athènes La recherche a été mise en application en deux phases. Pendant la première phase, la recherche expérimentale sur l'efficacité de ce système de toit a été présentée et analysée, alors que dans le second l'épargne d'énergie était examinée par une approche mathématique en calculant le refroidissement et la charge thermique pour la période d'été et d'hiver pour le bâtiment entier

aussi bien que pour son plancher supérieur. L'évaluation des performances d'énergie a montré une réduction significative du rafraîchissement du bâtiment pendant l'été. Cette réduction s'est traduite pour le bâtiment entier dans la gamme de 6 à 49% et de 12 à 87% pour son dernier plancher.

2.2.8. L'inertie thermique :

Le rapport entre confort thermique et la capacité de chaleur dans les habitations et les autres bâtiments ont été appréciés depuis que l'homme a construit sa propre maison. Dans un climat où la variation de température avec le temps (journalier ou de façon saisonnière) est importante, la gestion de stockage de chaleur a été toujours une question.

Estimer la masse thermique efficace d'un bâtiment établie est une Dimension de base. Les températures à l'intérieur et extérieur ont montrées plusieurs caractéristiques communes afin qu'une seule valeur pour l'inertie thermique efficace puisse être dérivée. Un rapport entre le délai dans la température interne atteint une valeur maximale (en ce qui concerne l'ambient), et l'atténuation de son amplitude, est trouvé et sa dépendance sur la température extérieur maximale est explorée.

Cette procédure est montrée pour être utile à classer rapidement des bâtiments ou des habitations d'après la participation de leurs masses thermiques et ses efficacités. La procédure par ceci propose aussi être utile à estimer la pertinence de masse thermique d'un bâtiment donné dans les économies du pouvoir dans HVAC.

Dans un climat changeant, tel les caractéristiques d'une région avec un climat sèches lourdement peuplées, la gestion adéquate de la capacité calorifique peut influencer très radicalement sur les puissances requises pour chauffer et climatiser, sans soucier de l'usage adéquat d'autre, options passives pour les économies d'énergies.

Une étude récente inclut une recherche très étendue à ce sujet.

L'idée de diriger la capacité calorifique à un confort et réduit les puissances requises dans le désert a occupé plusieurs chercheurs.

L'approche à confort thermique en augmentant la capacité calorifique dans les matières à construire aussi prouvé viable en Europe du sud ; Malaisie ; les Philippines. Les auteurs ont aussi proposés une méthode d'évaluer l'importance de techniques passives dans les parties du nord-ouest chaudes et arides du Mexique.

➤ Le sujet de réduire les charges thermiques au moyen des techniques passives sont dans une même question. Qui n'est pas basé sur les analyses rigoureuses.

Le besoin d'être capable de prédire, avec exactitude raisonnable, la réponse thermique d'une maison construite sous certaines conditions du temps et avec une politique de l'opération particulière exige que la masse anticipée soit estimée auparavant avec précision. Exemple du bâtiment moderne à Mexico (Figure 1. 10) La nature précise et la magnitude des principaux phénomènes du transfert de chaleur doivent être appréciées. En effet, les courants de la chaleur individuels et les températures sont de pertinence moins qu'une estimation totale.



Figure 1.10 : Exemple d'un bâtiment moderne à Mexico

L'inertie thermique des bâtiments (la masse thermique) est le potentiel de stockage thermique. C'est une fonction directe de sa capacité thermique qui agit concrètement, en s'opposant à toutes les variations brutales de températures. Mais comme un amortisseur qui réduit et retarde l'effet des conditions extérieures (déphasages et décalage) c'est aussi un grand absorbant d'énergie.

Givoni [8] suggère que l'inertie est une recommandation nécessaire pour la construction en climats chauds à écart diurne. L'étude de quelques chercheurs affirme que l'inertie thermique peut être utile dans le climat chaud et humide.

2.2.9 L'aspect architecturales :

D'autres investigations révèlent que le manque de conscience aux conditions climatique, les matériaux utilisés, l'orientation des fenêtres et la forme des bâtiments affecte considérablement le contrôle du comportement thermique intérieur [25]. Malgré que l'art de bâtir en prenant en compte l'influence des facteurs climatiques n'est pas une invention du 20ème siècle. L'analyse d'anciennes bâtisses affirme que celles-ci jouissent d'aspects bioclimatique, climatiques et sont même présentées aujourd'hui comme une référence en matière de savoir faire. L'architecture solaire, climatique, bioclimatique... autant de vocabulaires différents pour une même vision, procurent chacun une partie intégrante d'une économie de l'énergie renouvelables. George et **Jeanne-Marie Alexandroff** classent ces vocabulaires et affirment que certains d'eux insistent sur la notion du climat comme l'architecture climatique, bioclimatique, well-balanced house (maison bien équilibré) et climate shaped house (maison formée par le climat). D'autres termes insistent plutôt sur l'utilisation de l'énergie solaire, comme la maison solaire, l'architecture solaire, l'habitat solaire, l'habitat solarisé, l'architecture du rayonnement, sol architecture, solar ariented architecture (architecture orientée vers le soleil), l'urbanisme solaire et l'habitation à climatisation naturelle. Enfin des termes insistent sur l'insertion dans l'écosystème tel que l'éco-habitat, maison écologique, habitat autonome, habitat à bas profil énergétique et zero energy house (maison énergie zéro) [26].

En se référant à la démarche traditionnelle, en général le principe essentiel de tous ces vocabulaires est de « bâtir avec le climat ou avec ses éléments comme le soleil » dans l'optique de la conservation d'énergie. Alain Guyot affirme que « l'architecture bioclimatique est l'un des éléments les plus intéressants pour redresser la barre et redonner à l'architecture sa qualité vitale » [27].

Conclusion :

La question de confort thermique d'été dans le bâtiment se pose avec force du point de vue solution architecturale parce que la production de froid pour climatiser les bâtiments est essentiellement assurée par des machines à compressions qui ont donc une incidence non négligeable sur la qualité de l'air et la santé publique. En effet, outre l'aspect énergétique, l'usage de fluides chlorofluorocarbones dans les climatiseurs conduit à des problèmes environnementaux vu l'impact de ces fluides sur la couche d'ozone pour cela, les recherches dans ce sens sont multiples afin d'assurer le confort avec un minimum de dégâts. Le rafraîchissement passif est l'une des solutions, en passant par une architecture et un choix des matériaux adéquats, pour améliorer le confort d'été.

CHAPITRE II :

Consommation énergétique
en Algérie

I- Introduction et problématique énergétique :

Si le thème de l'énergie occupe aussi abondamment les débats économiques et politiques, c'est qu'il s'agit d'un produit vital. L'énergie rend des services à l'activité humaine sous différentes formes notamment mécanique, thermique, chimique, électrique, rayonnante et nucléaire permettant chacune des utilisations différentes. Elle a une telle place dans nos préoccupations et aucune société ne peut s'en passer. Considérée comme un bien social, l'énergie est partout nous entoure et nous fait vivre, contribuant à notre bien être. Or, la consommation intensive de l'énergie en combustibles fossiles pose divers problèmes, surtout que son approvisionnement est inégalement reparti à l'échelon planétaire et dont les réserves sont bien limitées.

D'une part la concentration de près plus de la moitié des réserves mondiales de pétrole au proche orient est une menace pérennante pour la paix dans cette région. D'autre part l'emploi de combustibles fossiles est la principale activité humaine la plus responsable de la concentration accrue de gaz carbonique dans l'atmosphère et aussi, et par conséquent de l'effet de serre. Il engendre en outre, l'émission de polluant tel que le SO₂ et les NO₃ qui menacent la santé publique. Une partie considérable de cette atteinte à l'environnement est liée aux bâtiments et à leur construction. Mendler et Odell affirment que **«les bâtiments et la construction contribuent directement et indirectement à nos grands problèmes environnementaux. Les bâtiments sont des terribles consommateurs et générateurs de déchets, et le processus industriel utilisé dans la manufacture des matériaux des bâtiments et des équipements contribue aussi aux déchets et à la pollution »**[28]. Plus précisément, ce sont les conditions de confort intérieur (chauffage à gaz, climatisation), qui sont à l'origine du problème. Surtout que l'architecture du 20^{ème} siècle a eu tendance de céder toutes ses valeurs au détriment de la haute technologie, en négligeant la fonction d'offrir naturellement un microclimat intérieur plus agréable et plus confortable [29]. Selon Peter Busby approximativement 40% de l'énergie mondiale est pour le rafraichissement, le chauffage et l'alimentation en électricité des bâtiments[30].

L'aménagement urbain de son côté en jouant sur le bâtiment lui-même, son environnement immédiat, la densité des groupements et la localisation des fonctions est théoriquement en mesure de jouer un rôle dans la détermination des consommations énergétiques urbaines[31].

Bien que la réduction des besoins de chauffage et de rafraichissement dans les batiments due à l'amélioration des performances de l'enveloppe, rend de plus en plus judicieux l'utilisation des énergies renouvelables et la présence complémentaire d'une régulation fine.

Comme souligné André Pouget qui dirige un bureau d'étude thermique à Paris : « **L'importance c'est l'énergie que l'on ne consomme pas** » [32].

La consommation annuelle d'énergie dans le monde entier équivaut au rayonnement émis par le soleil en l'espace de quarante cinq minutes. L'exploitation de cette énergie est possible en convertissant directement le rayonnement solaire en chaleur ou en électricité, ou bien faire appel à l'énergie éolienne, thermo-océanique, hydraulique ou tirée de la biomasse, y compris la biotechnologie. Il faut noter que les énergies renouvelables ont moins d'impact sur l'environnement et la santé de l'homme. Elles n'entraînent pas de problèmes de déchets ou d'accident de réacteurs et ne produisent pas de gaz nocifs pour l'atmosphère[34].

Alors la politique énergétique doit être liée à la politique de l'environnement et par conséquent à la conservation de l'énergie. L'exploitation rationnelle et le remplacement progressif des sources d'énergies traditionnelles par des énergies renouvelables doivent figurer parmi les buts de toute politique énergétique viable. Le présent chapitre expose la problématique de la consommation énergétique dans le bâtiment et les recherches actuelles menées à son sujet. En Algérie le secteur résidentiel et tertiaire se trouve parmi les secteurs les plus énergivores, avec une consommation de 07 Mtep, représentant 46% de l'énergie finale et de 28% de l'énergie primaire [33].

Rappelant que la problématique de l'économie d'énergie ne s'est remise en question qu'en 1973, date du premier choc pétrolier et le début de la crise énergétique. Depuis, elle est devenue un discours politique et un enjeu économique dans tous les pays. Surtout que l'amélioration de la consommation énergétique finale d'un point par an (1%) induira une économie dépassant 55 Mtep sur la consommation d'énergie dans le secteur de bâtiment. De plus, ceci revient à éviter 100 millions de tonnes d'émission du CO₂ par an, soit 20% de l'engagement pris par l'UE à Kyoto[34].

Les tentations des concepteurs pour créer des ambiances intérieures confortables dans cette optique se matérialisent par l'apparition de nouveaux vocabulaires et concepts. Changes au gré de modes : l'architecture climatique, solaire, bioclimatique, etc., reposant tous en réalité sur la réappropriation de principes anciens délaissés au nom de la technologie [35]

L'accroissement des dépenses énergétiques observées durant ces dernières années et la part importante de l'énergie consommée pour le chauffage des bâtiments font qu'un nombre important de chercheurs se penchent sur le problème de l'utilisation rationnelle d'énergie. Il faut noter que ce problème est très vaste et complexe car il dépend de beaucoup paramètres. C'est dans le domaine du génie civil et plus précisément dans la construction, posant le problème de l'isolation thermique optimal des bâtiments.

2- La consommation mondiale de l'énergie :

Une grande part de la consommation mondiale de l'énergie se rend au profit des énergies fossiles pétrole, gaz naturel, etc. figure II.1. En ordre de grandeur, on utilise en moyenne 11 fois plus d'énergie pour nous chauffer, 8 fois plus d'énergie primaire pour notre consommation d'électricité, 10 fois plus pour l'industrie et 11 fois plus pour le transport [36]. seul le chauffage absorbe environ les deux tiers de l'énergie mondiale. Il peut s'agir du chauffage des locaux (habitations, usines, magasins) ou du chauffage d'industrie[37]. cette consommation montre de façon plus expressive le rôle vital de l'énergie aussi bien dans le domaine industriel que dans le domaine social.

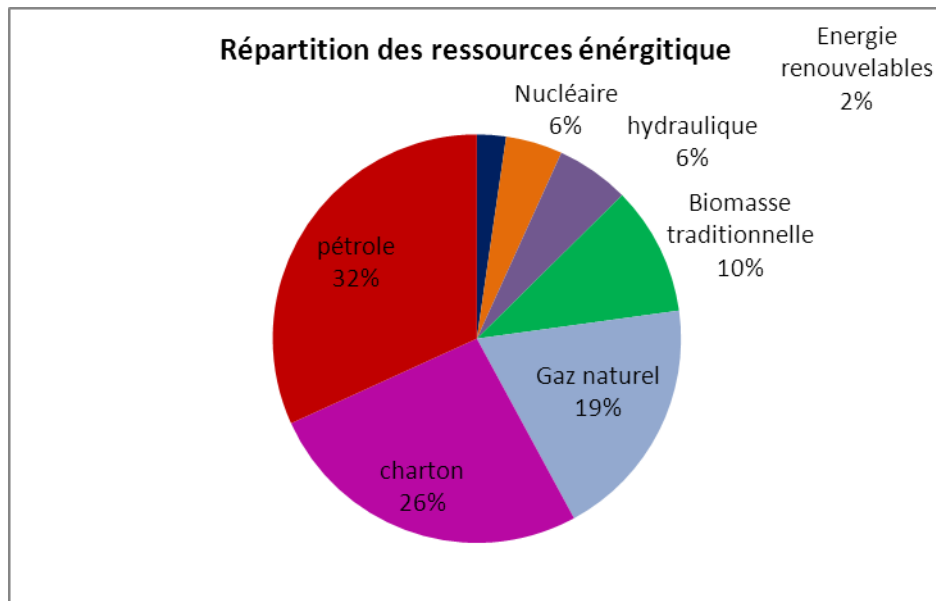


Figure II.1: Répartition des ressources énergétiques utilisées (Source : conseil mondial de l'énergie 1996. In collection Microsoft Encarta 2005)

Dans le secteur résidentiel et tertiaire, les bilans énergétiques montrent que les ENR* ne représentent que 4.5% de la consommation totale(78MTep). Or le bois fournit à lui seul 8MTep par ans dans ce secteur, et l'hydraulique fournit 20% de notre électricité, donc ici 8MTep. Selon une étude de la CCE, les gains solaires passifs dans les bâtiments s'élevaient à 14MTep par ans. Au total, la contribution des ENR représente alors 30MTep, soit près de 40% du total [38].

Rappelons que la consommation de l'énergie domestique à travers le monde a connu plusieurs époques : De 1950 à 1970 c'était les années du « tout pétrole » ou l'énergie est bon marché. On construit sans souci, des pertes thermiques, donc on chauffe. En 1973 premier choc pétrolier, c'est le début de la crise énergétique. Les prix du fuel, du gaz, du charbon, de l'électricité et du bois s'enflamment... En 1981, pour réduire les pertes et la consommation on

isole, on change de chauffage ou carrément on investit dans la technologie coûteuse et sophistiquée. Mais, les maisons sont mal conçues et inadaptées aux contraintes climatiques. Leurs conceptions n'évoluant pas, les déperditions demeurent, les besoins en chauffage aussi et le coût de l'énergie monte toujours... Isoler, sur-isoler ne suffit plus ! [39].

Récemment et à ce sujet les vingt cinq pays de l'union européenne ont été appelés à appliquer la directive de la performance énergétique des bâtiments. Cette directive est un signe de politique de la prise en main du destin énergétique et environnemental, de la part de l'Europe. C'est aussi un signe clair pour le secteur du bâtiment qui, bien que consommant actuellement 40% de l'énergie européenne, recèle un énorme potentiel d'économies. La commission européenne a confié au comité européen de normalisation la réalisation de 31 projets de normes : formes de certificat de performance énergétique, calcul des consommations d'énergie pour le chauffage, la climatisation, les systèmes solaires..., inspection des chaudières, des systèmes de climatisation... Autant de sujets pour lesquels les états membres disposeront de projets de normes sur lesquels s'appuyer pour mettre en place leurs dispositifs nationaux [40].

Dans le cadre de cette optique, une étude a été établie par Jean Pierre Traisnel à l'institut français d'urbanisme sur la consommation énergétique des bâtiments résidentiels [41]. Les thématiques de recherche visent une approche technologique intégrée du bâti/équipement/réseau à l'échelle urbaine, chauffage, confort d'été, électricité spécifique et ECS (Eau Chaude Sanitaire) à l'échelle de l'habitation. Selon Traisnel, l'usage de l'énergie domestique est en évolution sans cesse dans le parc résidentiels fig II-2.

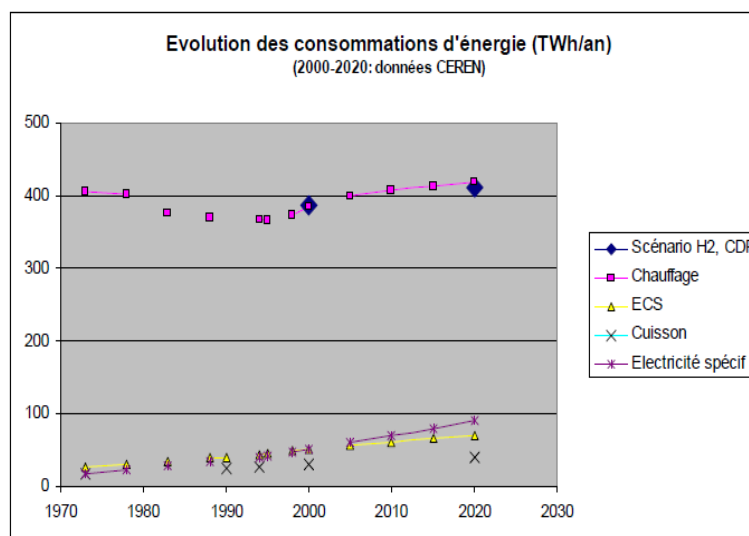


Figure II.2 : Perspectives d'évolution des différents usages de l'énergie : le contexte (parc résidentiel) (source : J.P. Traisnel, 2004).

Mais l'application de la haute technologie de l'association « domotique-bioclimatique » avec régulation, anticipation et confort adaptatif permet des émissions de CO₂ divisées par 4 (facteur 4) (fig-II-3) et une consommation très réduite des énergies fossiles (Fig-II-4) ce qui sera possible en respectant les exigences de 2050 qui concernent les trois types de la construction : neuve avec 25 à 30 kWh/m² de référence « chauffage », ou labels « énergie plus » « carbone moins ». la construction « intermédiaire » (1950-2000) avec mur manteau, solarisation active de l'enveloppe, niveaux de performance de la construction neuve 2005. Enfin le « patrimoniale » dense avec réseaux d'énergie (bois, solaire, géothermie).

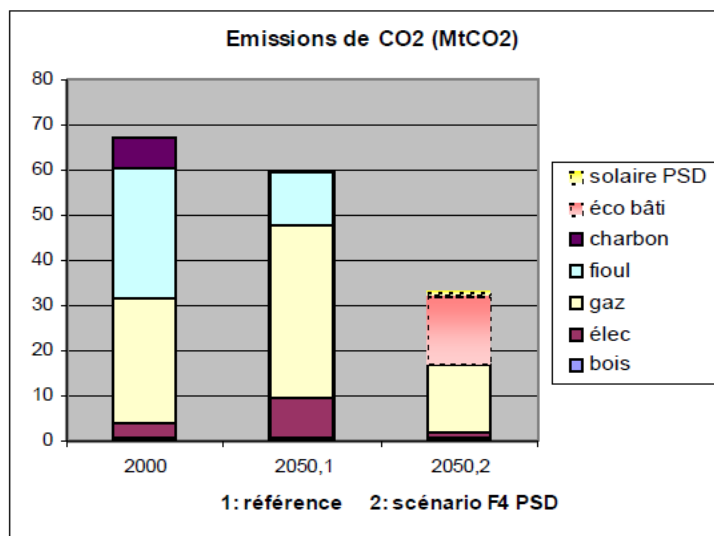


Figure II.3 : Perspectives des émissions de CO₂(parc résidentiel) (Source J.P.Traisnel 2004)

Référence F4 : P.Radanne, MIES, 1/02/2004 : la division par 4 émission de gaz carbonique en France. Introduction au débat.

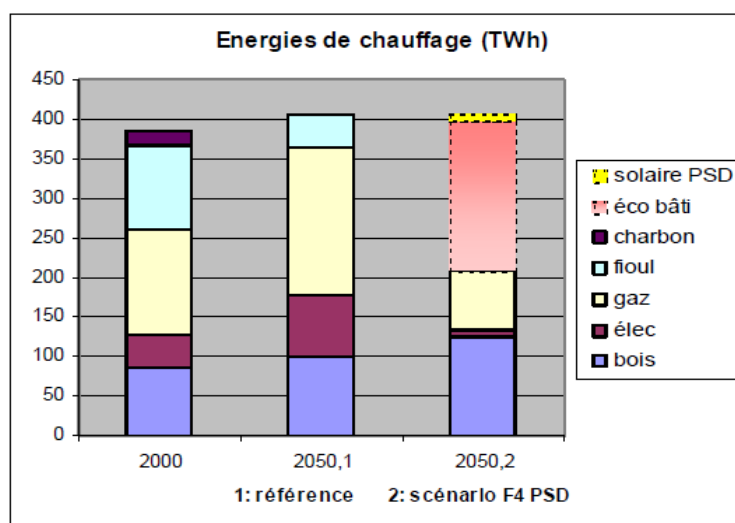


Figure II.4 : Perspective de la consommation de l'énergie de chauffage (Source : J.P.Traisnel).

3- La consommation énergétique en Algérie :

La consommation nationale de l'énergie, toutes formes confondues (gaz, produit pétroliers et électricité) est passée d'environ 30.1 Mtep en 2000 à 41.1 Mtep en 2008, soit un taux de croissance moyen annuel de l'ordre de 3.7% et une consommation moyenne de 1.2 tep/hab. Cette reprise de la consommation enregistrée ces dernières années devrait se consolider sur le moyen terme avec les perspectives de la croissance économique du pays.

La consommation de l'électricité a enregistré une hausse moyenne de 6% durant cette période pour atteindre 39.9 TWh en 2008. Cette croissance comprend toutes les catégories de clients (industriels et ménages). Le nombre total d'abonnés atteint en décembre 2008 est de 6.3 millions. Quant à l'électrification rurale, l'effort consenti par l'état au cours de la période 2000-2008 a permis à plus de 1.1 million de foyers d'être raccordés au réseau. Le taux d'électrification rurale a été 1.8% par an durant cette période, ce qui porte le taux d'électrification nationale à fin de 2008 au seuil de 98%. La consommation du gaz naturel du marché intérieur a connu une forte croissance avec un taux moyen de 8% par an durant la période 2000-2008. Par ailleurs, il y a lieu de signaler que le nombre d'abonnés a atteint 2,6 millions.

On a la courbe qui montre l'évolution de la consommation totale et celle de l'électricité.

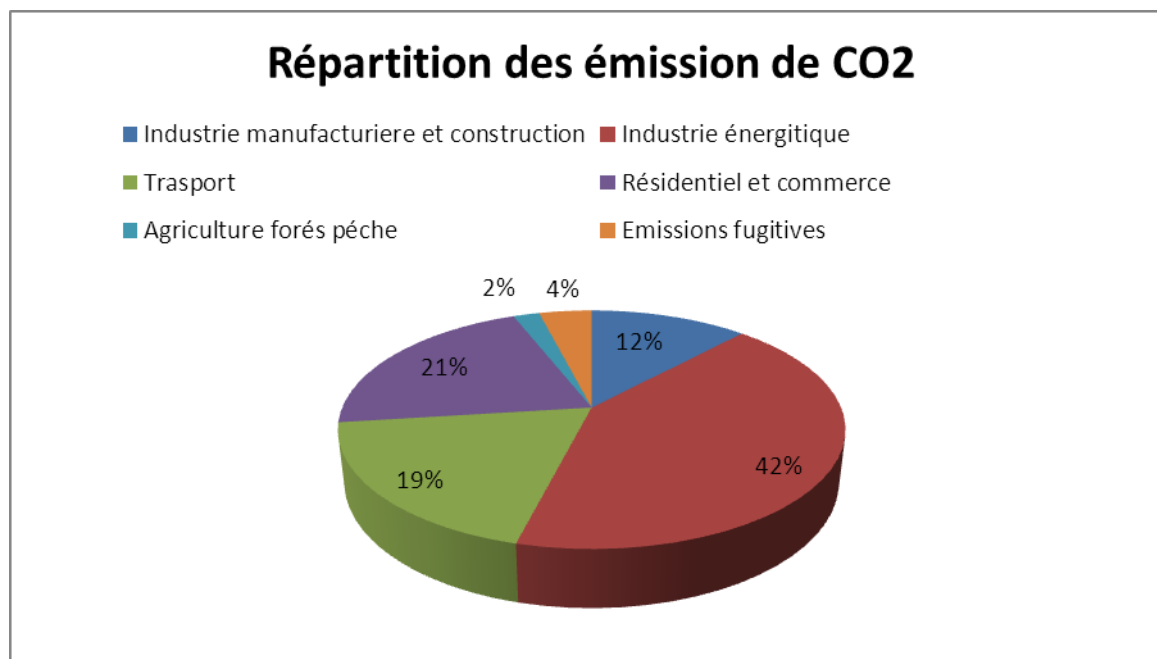


Figure II.5: Répartition des émissions de CO₂ due à l'utilisation de l'énergie.

On prend le cas de consommation d'énergie en Algérie l'an 2007 :

Tableau N°1 : Consommation nationale d'énergie par secteur d'activités pour 2007

| Consommation total par secteur d'activité | Quantité (Mtep) | Proportion (%) |
|--|------------------------|-----------------------|
| Industrie et BTP | 6.779 | 24.6 |
| transport | 6.450 | 23.4 |
| Ménagers et autres | 14.308 | 52.0 |
| Total | 27.538 | 100 |

Tableau N°2 : Consommation national d'énergie par produit pour 2007.

| Consommation final d'énergie par produit | Quantité (Mtep) | Proportion(%) |
|---|------------------------|----------------------|
| Produit pétroliers | 10.372 | 37.7 |
| Gaz naturel | 6.871 | 25.0 |
| GPL | 1.968 | 7.1 |
| Coke sidérurgique | 477 | 1.7 |
| Electricité | 7.779 | 28.3 |
| Autes (bois, gaz siderurgique) | 0.69 | 0.3 |

Une simulation par produits énergétiques met en évidence la très forte croissance passée des consommations d'électricité qui pourrait conduire à sa multiplication par quatre de sa consommation sur les vingt prochain années. Ces differantes simulations primaires témoignent des forts enjeux liés aux éventuelles dérives de consommation d'énergie dans les prochains années. Aussi, les travaux de prospective induits par ces constats ont permis de fonder la politique de maîtrise de l'énergie et d'élaborer les actions à long terme(2025), déclinées en programmes à moyen et court termes axés autour du Programme National de Maitrise de l'Energie(PNME) et des plans d'actions annuels.

Compte tenu du contexte de forte croissance de la consommation domestique d'électricité, il serait de l'intérêt des ménages d'investir dans l'amélioration de l'efficacité énergétique de leur habitat et de leurs équipements électroménagers. Selon une étude récente du Centre National d'Etudes et de Recherche Intégrées du Batiments(CNERIB), la consommation moyenne d'un appartement en Algérie est estimée à 15.2 m³ par m² par an pour le gaz et à 2200kwh par an pour l'électricité (référence : appartement de 66 m² occupé par un couple avec trois enfants à Alger).

Les différents types d'énergie dans le secteur résidentiel :

- Le chauffage représente la plus forte consommation environ 60% de l'énergie domestique.
- L'éclairage et l'électroménager, l'audio visuel et la climatisation représentent près de 20%.
- L'eau chaude sanitaire nécessaire représente près de 15%.
- La cuisson représente près de 5%.

Notant que le niveau de consommation d'énergie finale par habitant est de 0.48Tep en 1990 et qui passera d'après les perspectives à 1,88 Tep en 2020[42].

3-1- Consommation du gaz naturel en Algérie :

Selon Chitour, la consommation intérieure du gaz naturel par habitant a démarré en 1961 au rythme de 156 millions de m³, atteindront 1.4 milliard de m³ en l'an 2000[44].

Le **tableau –II-1-** donne l'évolution de la consommation du gaz de 1980 à 1990 :

Tableau-II-1- : Evolution de l'activité gazière en Algérie

| | Unité | 1980 | 1983 | 1985 | 1987 | 1990 | 1993 | 1995 | 1999 |
|----------------------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Consommation par habitant | milier de tonnes | 851 | 1020 | 1210 | 1369 | 1552 | 723 | 1541 | 1662 |
| Nbr de ville alimentées | | 1 | 22 | 50 | 80 | 150 | nd | nd | nd |

3-2- Consommation de l'électricité en Algérie :

La consommation et la production de l'électricité a augmenté de 1980 à 1990 avec un rythme soutenu d'environ 41,5% à 61,5% de 1990 à 2000. Voir **tableau-II-2-[45]**.

Tableau-II-2- : Evolution de l'électricité en Algérie

| | Unité | 1976 | 1980 | 1985 | 1990 | 1995 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|-------------------|---------|---------|-------|---------|---------|---------|-------|--------|-------|---------|
| Population | Miliers | 16150 | 18666 | 21863 | 25022 | 28060 | 29965 | 30116 | 30879 | 3137 |
| consomme | | | | | | | | | | |
| | GWh | 321 | 5392 | 9108 | 13008 | 15697 | 19932 | 21111 | 22215 | 23202 |
| Nbr | - | | | | | | | | | |
| abonner | | 1161651 | 16023 | 2296755 | 3159680 | 3934619 | Nd | 544000 | nd | 4897000 |

En étudiant ces chiffres, la consommation importante du gaz et de l'électricité dans l'habitat revient essentiellement à l'utilisation intense du chauffage en hiver et la climatisation en été. Cuisson, éclairage, électroménager et eau chaude sanitaire représentent chacun un taux moins élevé comparé à celui du chauffage ou climatisation.

Plusieurs facteurs interviennent directement dans la détermination de cette énergie.

D'une part les facteurs socio-économiques en rapport avec le niveau de vie des algériens.

D'autre part les facteurs de la caractéristique de l'habitat et l'aménagement urbain (caractéristiques thermiques de la construction, densité du groupement...)

Le problème des dépenses énergétiques se posera ainsi avec d'autant plus de gravité quand le bâtiment se trouve sous climat rude. Le chauffage si l'hiver est plus froid, et la climatisation si l'été est plus chaud et plus ensoleillé. Le niveau de consommation dans le secteur résidentiel en période estivale est surtout l'une des préoccupations majeures exprimées dans le cadre du modèle de consommation énergétique Algérien.

L'Algérie, ayant ratifié toutes les conventions internationales notamment celles liées à la préservation de l'environnement, se trouve être contrainte d'adopter une attitude ferme à l'instar des autres pays pour appliquer les différentes consignes liées à la protection de l'environnement. Sa position désormais claire dans le contexte de partenariat euro méditerranéen suite à la signature de l'accord d'association avec l'Union Européenne qui elle s'aligne sur une production d'énergie renouvelable à hauteur de 15% ainsi que sa présence au sommet de Johannesburg, dont les résultats en matière d'énergie renouvelable soulignent l'adoption d'un pourcentage de 12% , l'Algérie se doit de proposer une production à hauteur de 10% en 2012 [46].

Le secteur résidentiel, à propos de sa consommation du gaz naturel enregistré un maximum de 384048436 Thermie en 2004 contre seulement 22442104 Thermie en secteur tertiaire. Soit une différence de 361606332 Thermie, autrement dit la consommation du gaz naturel en secteur tertiaire ne représente qu' 5,84% de sa consommation en secteur résidentiel. Bien que

le secteur tertiaire se caractérise par une diversité des usages de l'énergie et par des consommations assez variables selon la fonction du bâtiment (enseignement, bureau, commerces, santé...). L'enjeu majeur du tertiaire est l'intermittence des consommations, du fait d'une occupation partielle des locaux.

De même, la consommation de l'électricité en secteur résidentiel est aussi plus importante qu'en secteur tertiaire. Le maximum enregistré en 2004 est de 108695240 KWh en secteur résidentiel contre un maximum seulement de 17934700 KWh en secteur tertiaire enregistré en même année.

4- Conclusion :

Avec l'augmentation du coût de l'énergie et les dépenses exagérées de l'énergie fossile. Il est nécessaire de penser à une manière de compenser cette énergie et de diminuer le taux de consommation en gardant le même confort. Ce qui nous induit à recourir aux systèmes passifs ; afin de garder un meilleur équilibre entre le coût, les sources naturelles et l'environnement.

CHAPITRE III :

Description du logiciel
TRANSYS

Introduction :

En raison du coût et des durées expérimentales, la simulation est un moyen efficace pour mettre au point et étudier le comportement thermique des bâtiments en régime variable. Mais il est nécessaire de savoir ce que l'on cherche pour utiliser l'outil de façon optimale. L'informatique offre la possibilité d'effectuer des calculs qui seraient longs, fastidieux et répétitifs. A. Chatelet et al affirment que « *pour l'architecte, la simulation doit permettre de valider rapidement des options fondamentales, d'explorer et de commencer à optimiser certains choix...pour un meilleur confort et des charges de fonctionnement moindre* » [47].

1- Description du logiciel :

TRNSYS (TRaNsient System Simulation Program) est un logiciel modulaire de simulation dynamique des systèmes thermique en général, et aussi dédié au calcul des performances thermiques des bâtiments multizones et de leurs équipements.

Ce logiciel a été développé au laboratoire « solar energy » à l'université Wisconsin Madison. USA, il possède une interface évaluée, extensible flexible transparente et ouverte, permettant d'ajouter de nouveaux composants et concepts. Un projet de simulation consiste : à choisir un ensemble de modèles mathématiques, de composants physiques (en s'appuyant soit sur des modèles existant dans la bibliothèque, soit en les créant) et consiste aussi à décrire les interactions entre les modèles.

2- Fonctionnement :

Le fonctionnement du logiciel est basé sur l'assemblage de modules élémentaires, appelés TYPE, représentant soit des composants du système simulé, soit des fonctions particulières (lecture de fichier météorologique). Les restrictions imposées au niveau de l'écriture des données TYPES assurent la compatibilité des développements et leur échange entre utilisateurs.

Pour simuler un système thermique, il faut d'abord définir l'ensemble des composants élémentaire formant le système. Chaque composant est représenté par un TYPE qui est en fait un programme. Un TYPE est généralement schématisé par une boîte possédant des variables d'entrée, des paramètres constants et des variables de sorties.

L'utilisateur doit connecter les entrées et les sorties de tous ces modules pour déterminer le comportement du système dans son ensemble. Toutes ces correspondances 'entrées-sorties' sont définies dans le fichier de simulation DECK.

Pratiquement le programme nécessite pour son fonctionnement la création de deux sous programmes (Figure III.1).

1. Un fichier.BUI, à partir du sous programme TRNBuild, qui contient en fait la partie description géométrique et constructive du bâtiment (propriétés des matériaux, épaisseurs, hauteurs...) celui-ci est partagé en zone thermiques.

2. Un fichier.TRN, à partir du sous programme IISIBAT. Ce fichier est en fait le panneau d'assemblage des composants du bâtiment. Il contient des éléments, disponibles dans la bibliothèque du programme (TYPE). Dans ce programme il est possible, d'introduire par les types les données météorologiques du site, les orientations, le descriptif du bâtiment...etc.

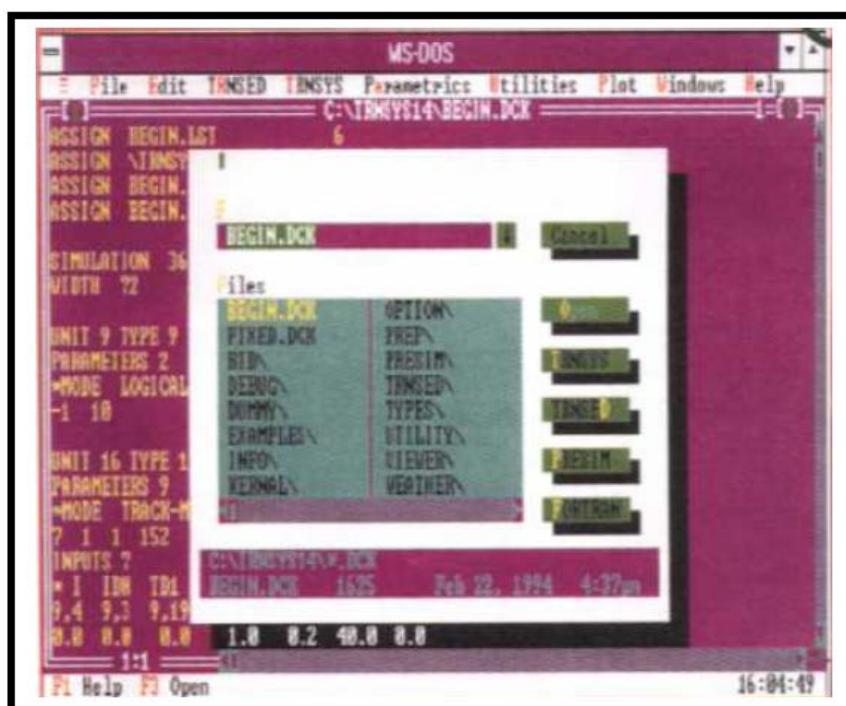


Figure III. 1 : Ecran de contrôle du logiciel TRNSYS sous MS-DOS

(Source : Liebard, De Herde, 1996)

Ce logiciel est construit à partir de l'interconnexion de plusieurs composants dont il facilite l'insertion de sous programmes, en permettant à l'utilisateur de créer lui-même ses propres composants. TRNSYS ou tout autre logiciel se caractérise par trois fonctions :

a- Les entrées « inputs » :

Ce sont les données à introduire avec un niveau de définition minimum, qui seront nécessaires et pourront être stockées selon l'ergonomie du logiciel dans des bibliothèques que le concepteur peut utiliser. Elles concernent l'environnement physique (climat, site), le bâtiment (l'enveloppe), les apports internes (occupants, éclairage, ..) et les équipements (Ventilation, chauffage et système de refroidissement).

b- Traitement de données :

Le travail du logiciel consiste à structurer les données en fonction d'un « modèle de représentation du bâtiment » et de « modèles physico-mathématiques » des phénomènes physiques retenus, puis à produire des résultats.

c- Les sorties « outputs » :

C'est l'ensemble des informations fournies par le logiciel à l'issue d'une exécution : les températures et les humidités à l'intérieur du bâtiment, les besoins énergétiques...

3- Utilisation du logiciel TRNSYS :

Pour simuler le comportement thermique d'un bâtiment, il est nécessaire de disposer au moins de trois composants. Le premier est relatif aux données météorologiques, le second pour le calcul de l'ensoleillement de la paroi et le troisième traite les échanges de chaleur dans le bâtiment.

Ces trois composants nécessaires au lancement de la simulation sont identifiés dans TRNSYS par TRNWIN fichier météo, le fichier DECK (programme propre à la simulation) et le fichier BUI (description du bâtiment) par BUI (**Figure III.2**).

Les composants sont identifiés par leur type et le numéro d'unité :

Le type : (TYPE) définit le modèle utilisé, exemple le type 56 est le modèle du bâtiment multi zones.

L'unité : (UNIT) désigne le numéro du composant.

Chaque composant est défini par des paramètres, des données et des sorties (Fig3).

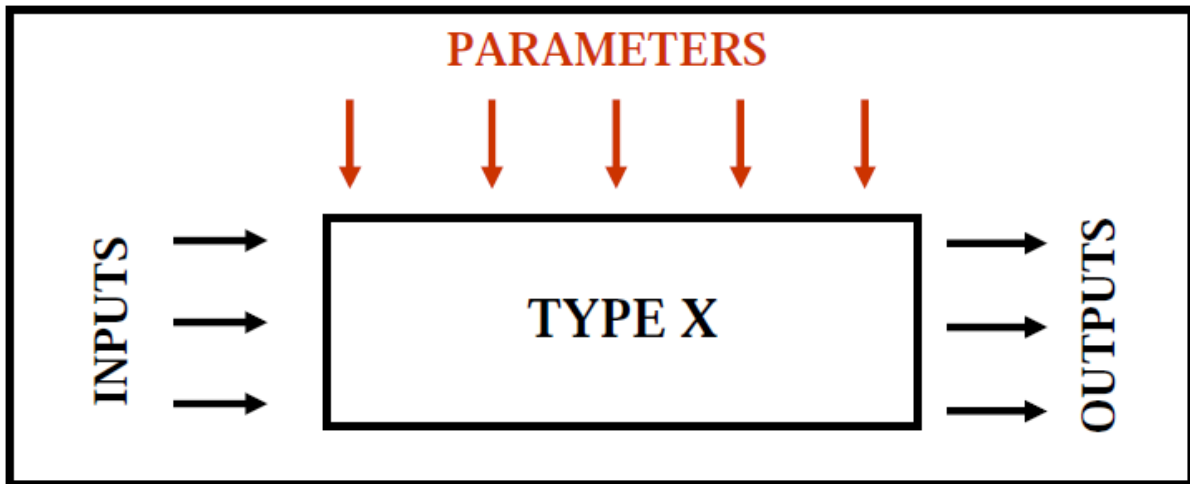


Figure III. 2 : Définition du type (source auteur)

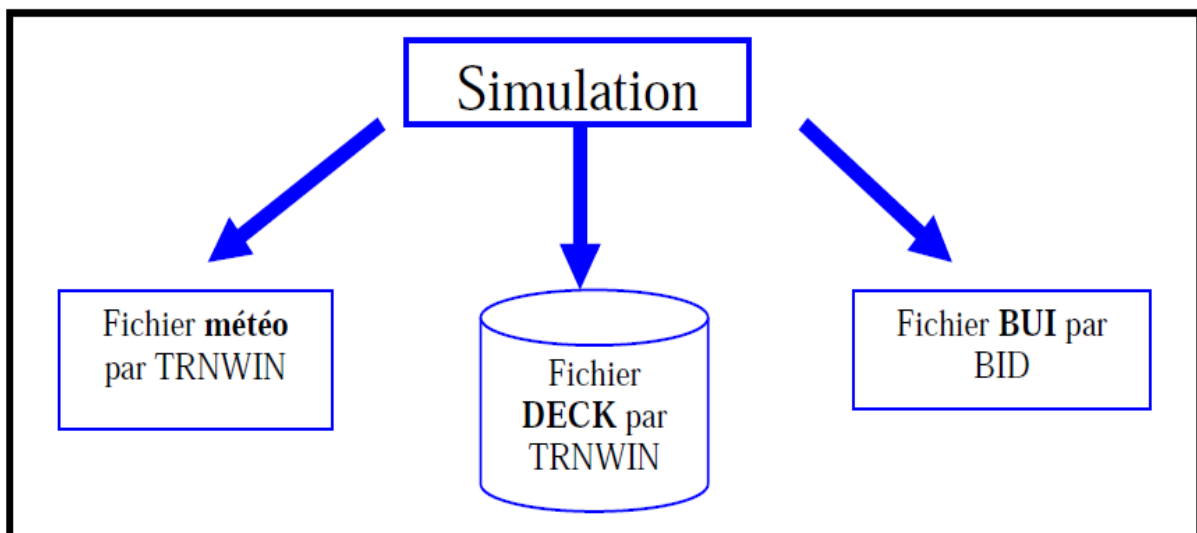


Figure III. 3 : Fichiers nécessaires au lancement de la simulation

La déclaration « assign » permet d'affecter à un fichier une unité logique, exemple :

```
Assign\TRNWIN\ exemple\ ex1.lst 6
```

```
Assign\TRNWIN\ exemple\ meteo. dat 12
```

```
Assign\TRNWIN\ exemple\ ex1.res 14
```

Les numéros de 4 à 9 sont réservés aux unités logiques. Le numéro 6 liste les messages d'erreurs.

La déclaration « simulation » permet de définir le début, le pas du temps et la fin de simulation. Exemple :

SIM 1 1536 1

1 signifie le 1^{er} janvier à 1h ;

1536 signifie le 5 mars à 24h ;

1 est le pas ou l'intervalle de temps.

La déclaration « équation » assure l'insertion des équations dans le DECK.

La déclaration « end » donne la fin de la description.

Les types les plus utilisés dans la simulation du bâtiment sont :

TYPE 9 : lecteur de données;

TYPE 54 : générateur de données météorologiques;

TYPE 33 : diagramme psychrométrique;

TYPE 16 : processeur d'enseillement;

TYPE 56 : bâtiment multi zones;

TYPE 34 : occultation des fenêtres et murs;

TYPE 25 : impression des données;

TYPE 65 : affichage des résultats.

A partir des données introduites sur le descriptif du bâtiment et les données météo (Figurantes dans le programme pour certaines villes), les résultats fournis par TRNSYS peuvent être sous forme d'histogrammes par le biais d'EXCEL donnant des consommations mensuelles ou annuelles. Numériques avec l'impression de différentes variables par pas de temps. Ou graphiques sous forme de diagrammes et chartes, comme l'estimation des masques par angles calculés. (Figure III.2), (Figure III.4).

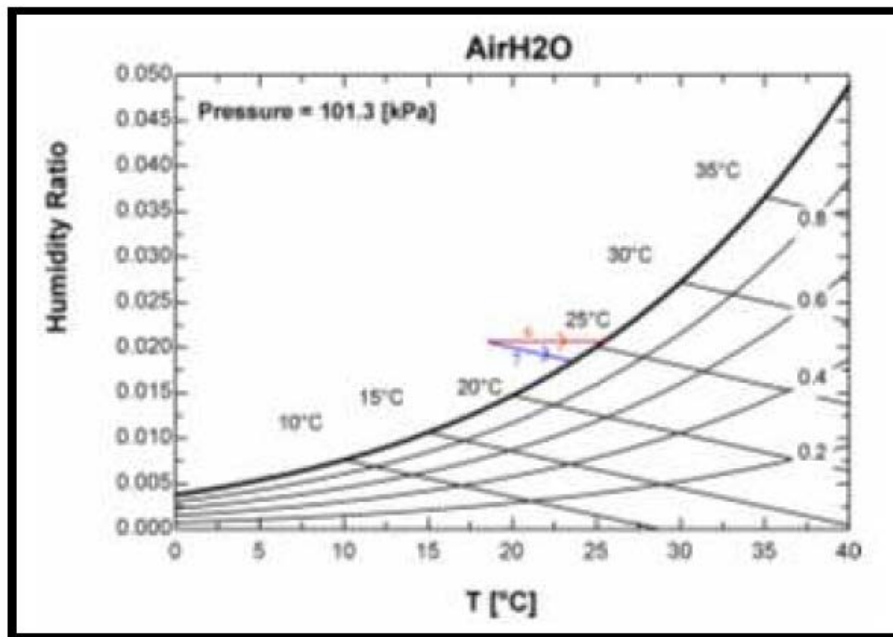


Figure III. 4 : Charte psychrométrique fournie par TRNSYS (source : www.tess-inc.com)

4- Les différentes interfaces de TRANSYS :

4.1 TRNBuild :

Pour la description d'un bâtiment on utilise l'interface TRNBuild (Figure III.5)

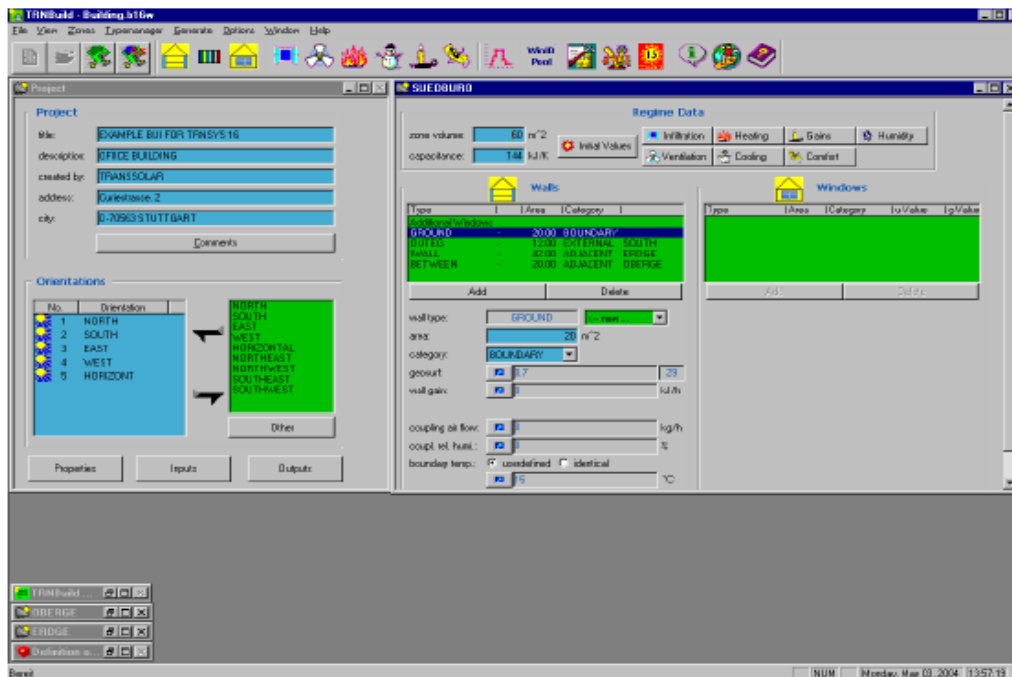


Figure III. 5 : l'interface graphique TRNBuild

➤ **La fenêtre d'initiation du projet et la fenêtre d'orientation :**

Dans cette interface on définit au premier lieu le volume thermique à étudier (dans notre cas nous allons définir trois zones thermiques), ainsi que les orientations des différentes surfaces de l'enveloppe de bâtiment (Nord, Sud, Est, Ouest et horizontal). En second lieu on doit spécifier certaines propriétés physiques de l'air utiles pour connaître l'environnement étudié (densité, capacité, la chaleur de vaporisation de l'air...etc), ainsi que les entrées et les sorties désirées pour la simulation.

On définit ensuite les matériaux qu'on utilise ainsi que les parois des zones du bâtiment et les ouvertures (fenêtres...).

➤ **Fenêtre de zones :**

La fenêtre de ZONE (figure III.6) contient toute l'information décrivant une zone thermique du bâtiment.

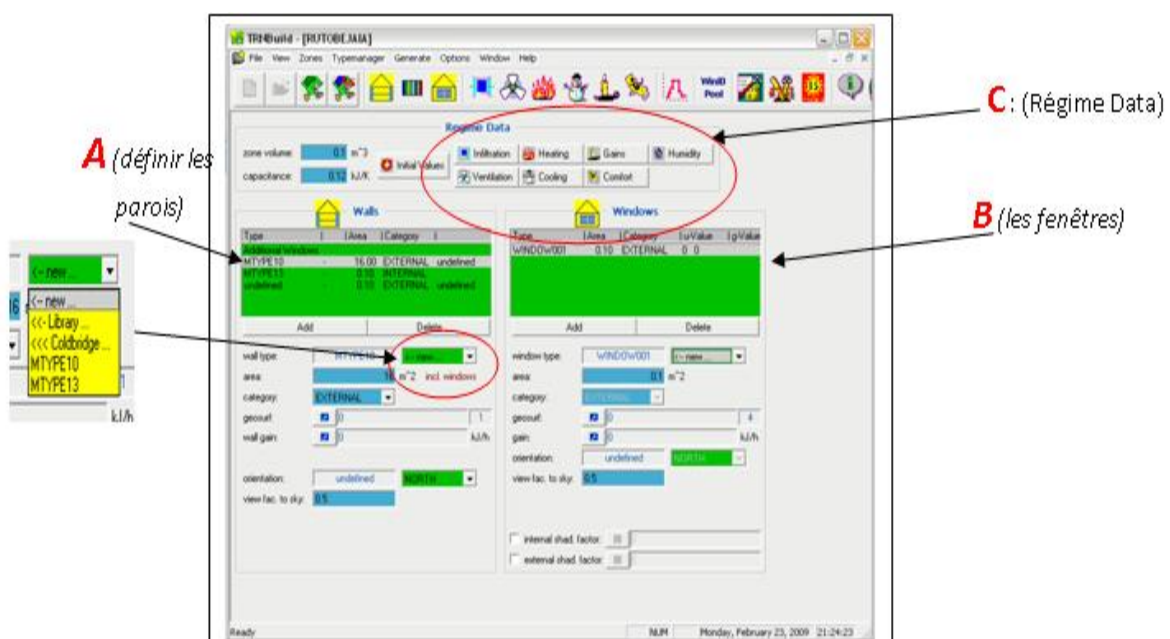


Figure III. 6 : la fenêtre de ZONE

➤ **A : définir les parois**

Lorsque l'on ajoute un nouveau mur il existe deux possibilités : on peut définir une paroi déjà existante dans la bibliothèque des parois, soit la définir grâce à la bibliothèque des matériaux dans une nouvelle fenêtre nous permet à décrire les différents matériaux constitutifs de la paroi.

➤ **B : Définir les fenêtres**

La saisie des fenêtres se fait à partir de fenêtre zone (à droite), en sélectionnant un mur sur lequel la fenêtre est localisée.

➤ **C : Régime Data**

• **Infiltration** : une circulation d'air dans la zone peut être indiquée par le menu INFILTRATION.

• **Ventilation** : une circulation d'air (chauffage ou de l'équipement de refroidissement) dans la zone peut être indiqué par « VENTILATION ».

• **Heating (Chauffage) :**

La condition de chauffage de n'importe quelle zone sujette à la commande de chauffage peut être déterminée en indiquant un type de chauffage. L'utilisateur peut brancher la commande de chauffage et définir un type de chauffage pour la zone en choisissant un type précédemment défini ou un nouveau type à partir du menu déroulant.

Une fois toutes les données saisies, la commande BUILD TYPE 56 permet de créer sous le même répertoire que celui du fichier TRNBuild les fichiers .BLD et .TRN servant de description utilisable par TRNSYS.

4.2 TRNEdit :

TRNSYS 16 possède plus de 1000 fichiers météo, générés avec METEONORM. L'outil METEONORM peut être utilisé pour créer des fichiers météorologiques pour n'importe quel site sur le globe à partir des valeurs mesurées y compris trois fichiers météorologiques algériens : Dar Elbiadha (Alger), Bechar et Tamanrasset.

4.3 TRNSYS Studio :

TRNSYS simulation studio est une interface graphique complète (figure III.7), permettant à la fois de définir des composants et le projet de

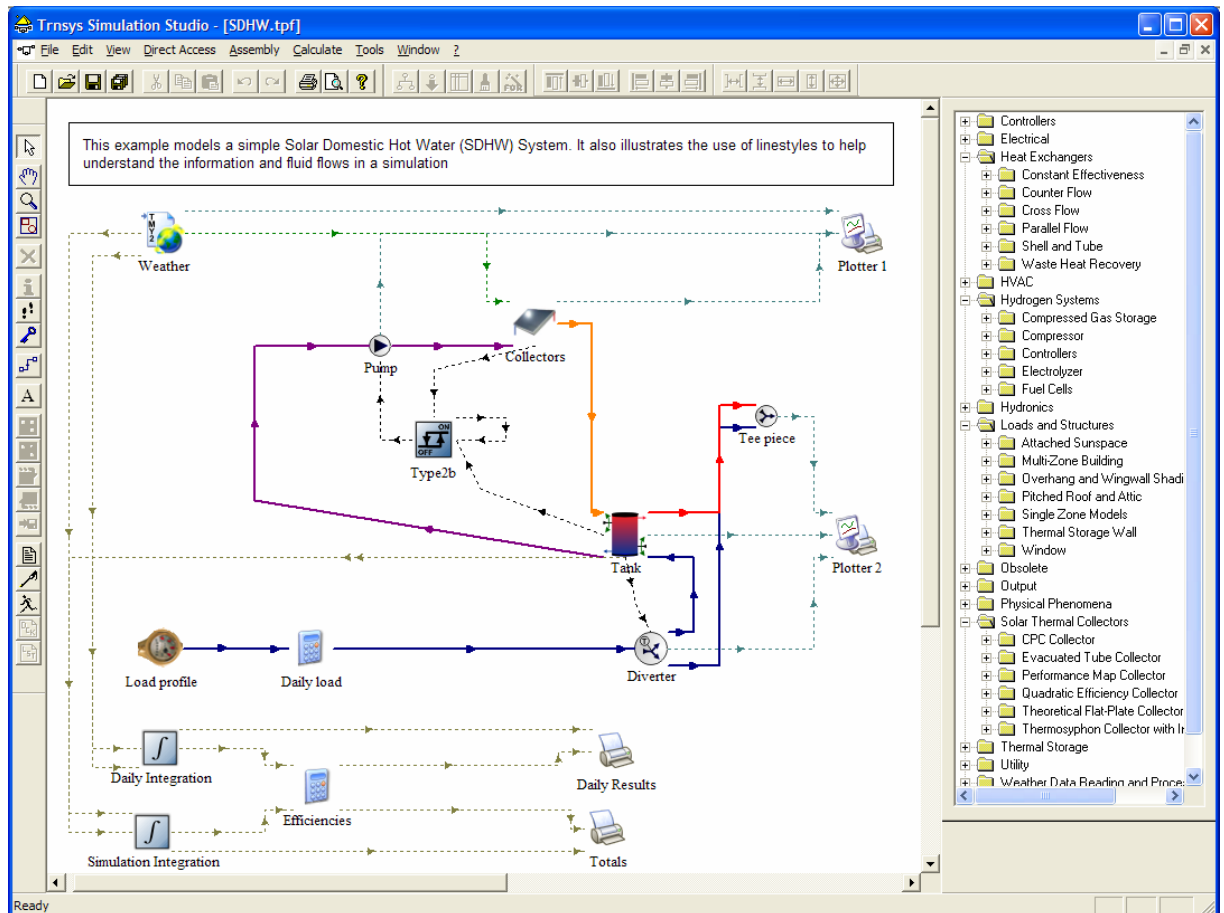


Figure III.7 : Interface graphique du TRNSYS Studio

5. Les différents TYPES utilisés dans l'interface TRNStudio :

1. TYPE 56 (multizone building)

Une fois toutes les données entrées dans TRNBuild, il est indispensable de générer un type 56, afin de pouvoir travailler sur l'interface graphique TRNStudio. On le trouve dans direct access/Cstb/Traductiond/batiment multi-zone, puis choisir sans ou avec fichier de sortie (type56a ou type56b) (Figure III.8).

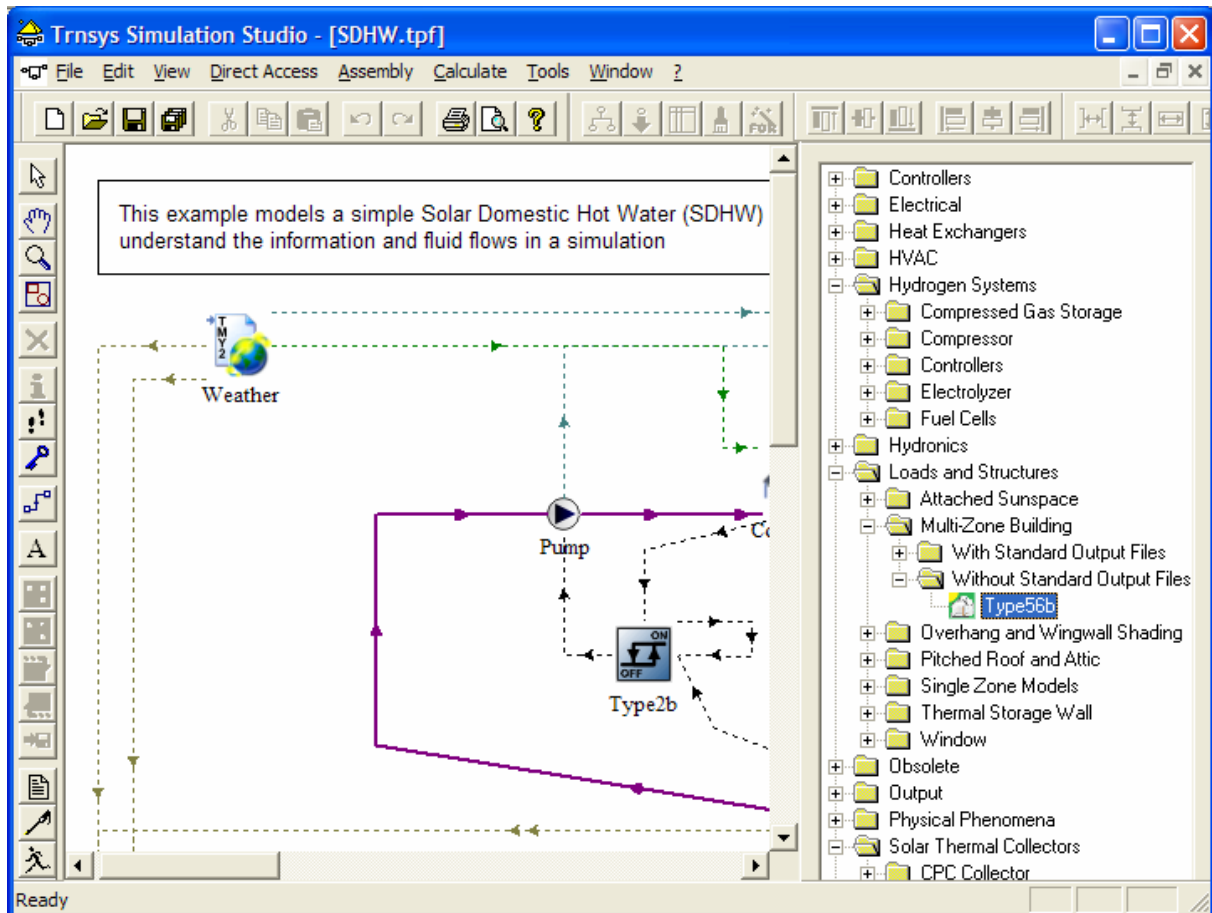


Figure III.8 : Interface TRNStudio-type56

2. Type 109 lectures de données météo :

On le trouve dans direct access/XeaterDataReading and processing puis choisir le type 109 souhaité. On trouve les fichiers météorologiques de certaines villes d'Algérie dans le type 109TMY2. (Figure III. 9).

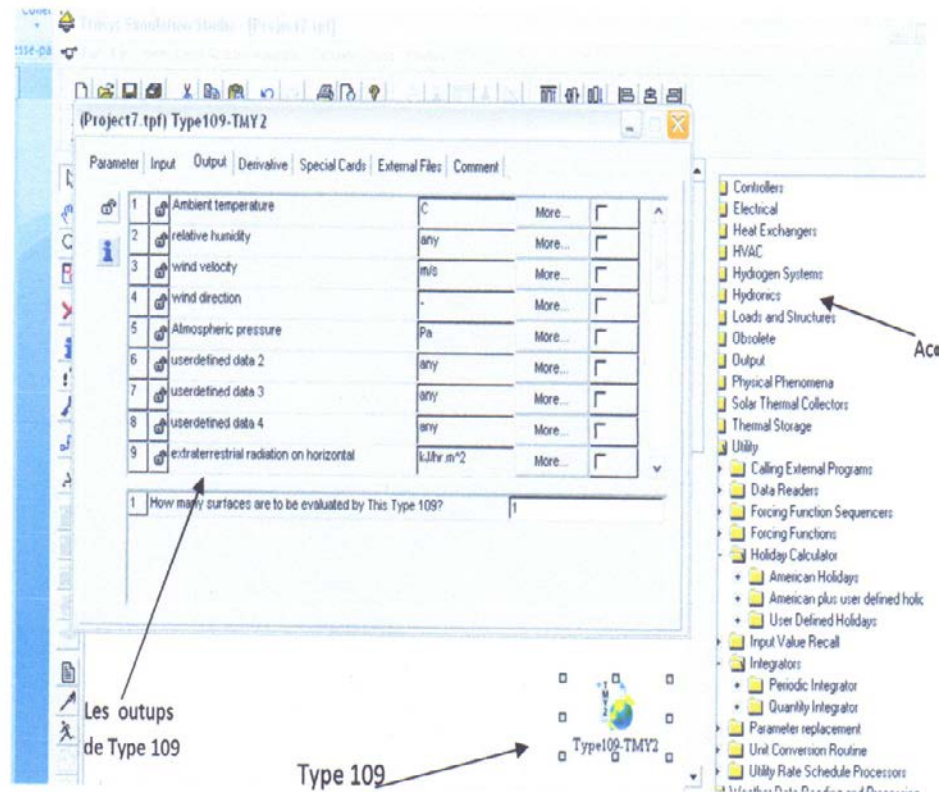


Figure III.9 : Interface TRNStudio-type109

- 3. Type 16 ————> processeur de radiation solaire
- 4. Type 33 ————> diagramme de l'air humide
- 5. Type 69 ————> calcul de température de ciel
- 6. Type 65 ————> sortie graphique
- 7. Type 25 ————> sortie numérique

6. Les liaisons entre les types :

Pour compléter la simulation, on fait une liaison entre les différents types, cela de faire relier une sortie (output) d'un TYPE à une entrée (input) d'un autre TYPE.

- Exemple de liaisons

Type 9 - Type 56

(Outputs type 109)

(Input type 56)

Dry bulb température ————> ambient température

Relative humidity ————> Relative ambient température

Type 109 - Type 33**(Outputs type 109)****(Input type 33)**

Dry bulb température → Dry bulb température

Relative humidity → Relative température

Type 69 - Type 56**(Outputs type 109)****(Input type 33)**

Fictive sky température → fictive sky température

7- Avantages du logiciel :

Grâce à son approche modulaire TRNSYS est extrêmement flexible pour modéliser un ensemble de systèmes thermiques à différents niveaux de complexité. L'accès au code source permet aussi aux utilisateurs de modifier ou d'ajouter des composants qui ne Figurepas dans la bibliothèque d'origine. Cela en offrant une vaste documentation des sous programmes y compris explication, usages usuels et équations de base. Enfin la définition de la période de la simulation est très souple avec le choix du pas de temps du début à la fin de la simulation.

8- Inconvénients :

En revanche TRNSYS ne dispose pas de valeurs ou de systèmes par défaut, l'utilisateur doit posséder et introduire l'ensemble exhaustif de ses données définissant le Bâtiment et le système. D'autre part le modèle initial de bâtiment proposé dans le logiciel TRNSYS, le TYPE 56 'Multizone Building' utilise la méthode des fonctions de transfert pour déterminer la réponse thermique d'une paroi. BAHRI. S en 1994 a mis en évidence que cette méthode pose des problèmes pour des bâtiments à forte inertie.³ Gilles FRAISSE en 1997 ajoute que ce modèle (Type 56) ne fonctionne pas avec un pas de temps quelconque. Ceci est un réel problème lorsque l'on étudie par exemple un système de régulation.

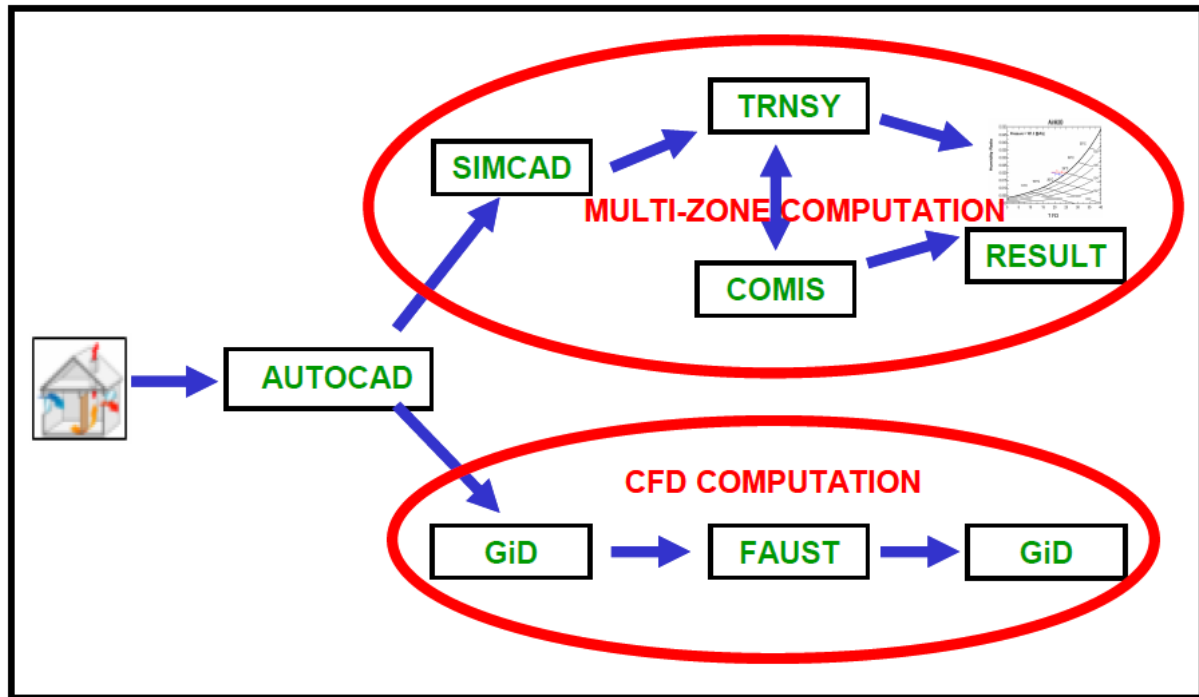


Figure III.10 : Couplage avec des outils de vision initial (source : www.asp-bp.org)

9- Déroulement de la simulation:

Le déroulement de la simulation avec le logiciel TRNSYS peut être résumé dans les trois étapes suivantes :

La première concerne la programmation et l'établissement d'un programme global. Dans ce dernier, on a d'abord commencé par l'introduction des données météorologiques de la ville de Guelma, car elle ne figure pas dans la bibliothèque du TRNSYS; puis l'insertion des valeurs horaires de températures et d'humidités relatives pour la période d'été et celle d'hiver. Ensuite la description détaillée des deux pièces ainsi que les scénarios de leur occupation dans deux fichiers (TRNWIN et BID). La deuxième étape concerne le traitement des données après programmation. Enfin et en dernière étape, c'est faire sortir les résultats de la simulation par le biais du logiciel EXEL.

Conclusion :

TRNSYS : Est un logiciel aussi performant qu'on peut l'imaginer. Il contient énormément de sous-programme, qui obéisse à différentes règles mathématiques. Comme il assure le couplage avec d'autres logiciels tels que :

EDIBATEC, EES, AUTOCAD, MATLAB, EXCEL CFD.. A savoir que les sous programmes les plus traités avec TRNSYS sont :

- IISiBat : la face graphique finale de TRNSYS ;
- PREBID : outil graphique d'introduction des données du bâtiment ;
- TRNSED / TRNSHELL: outil de division de simulations avec sous-utilisation, et environnement du bâtiment TRNSYS- applications de base ;
- SimCad: CAD outil de Simulation du bâtiment (add-on Product).

Il va nous permettre au cours de notre étude de mieux comprendre les phénomènes liés à la thermique du bâtiment. Sa flexibilité à introduire les données et à changer les paramètres voulus vont nous permettre de simuler et de calculer des valeurs de températures, de puissances et de consommation énergétique en un peu de temps très court par rapport aux résultats qu'on aurait avec une étude expérimentale.

Conclusion générale de la recherche bibliographique :

La première partie permet de restituer un état de l'art concernant les solutions de rafraîchissement passif. Ces différents systèmes seront explicités, puis analysés. En effet dans la deuxième partie, est de montré le taux de consommation des énergies qui ne cesse pas d'augmenter avec le temps, et l'attention de la réduire. Par ailleurs, l'émergence d'une dynamique visant à réduire les consommations dans le secteur du bâtiment s'est traduite par l'apparition d'une nouvelle génération de bâtiments. Ce désir de rationalisation énergétique et d'optimisation se traduit de la part des professionnels par la nécessité d'utiliser des outils d'estimation des performances à tous les stades de la conception.

La dernière partie de cette recherche bibliographique est consacré à la description d'un logiciel assez récent et performant qui nous permettra une modélisation aussi performante; d'ailleurs pour simuler le comportement thermique d'un bâtiment, il est nécessaire de disposer au moins de trois composants. Le premier est relatif aux données météorologiques, le second pour le calcul de l'ensoleillement, de la paroi et le troisième traite les échanges de chaleur dans le bâtiment.

CHAPITRE IV :

Modélisation, simulations
et résultats

Introduction :

Le confort thermique est défini comme " un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique". La façon la plus simple d'appréhender le confort d'été consiste à considérer uniquement l'effet de la température intérieure et l'effet de l'humidité. Le travail proprement dit consiste à évaluer l'effet de quelques systèmes de rafraîchissement sur l'évolution de la température ; à l'intérieur d'un bâtiment.

IV-1 Présentation et description du bâtiment simulé :

IV-1-1 Géométrie du bâtiment étudié :

Le bâtiment simulé dans cette étude est de type " mono-zone ", il se compose d'une seule pièce de 9 m^2 de surface et de 27 m^3 de volume. (Figure IV-1). Ce bâtiment appelé de référence dans ce qui suit, est en contact pas tous ses parois avec l'extérieur.

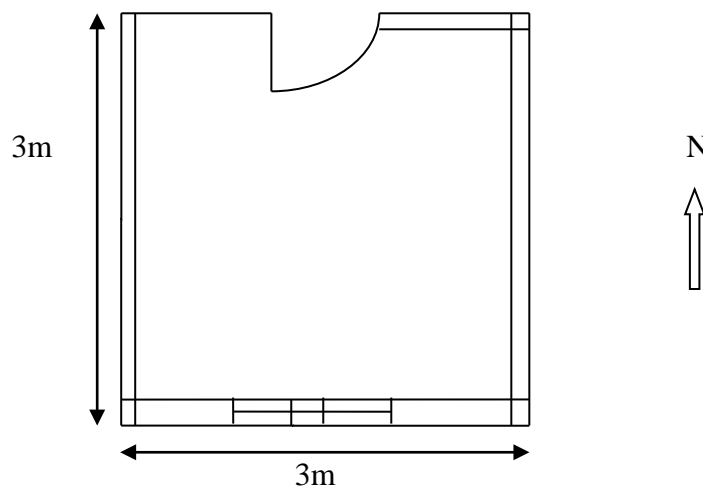


Figure (IV-1) : Plan du bâtiment simulé

IV-1-2 Constituants des parois du bâtiment simulé :

Les parois verticales du bâtiment sont constituées de murs en doubles briques séparées par une lame d'air (parois largement utilisées en construction courante). Les parois horizontales sont soit une dalle pleine en béton armé, soit en corps creux. La constitution détaillée, des différentes parois de l'enveloppe du bâtiment ainsi que les propriétés thermo-physiques des différents matériaux, sont résumées dans le tableau (IV-1).

Tableau (IV-1) : Constitutions et caractéristiques thermo-physique des parois du bâtiment [DTR] :

| PAROIS | CONSTITUANTS | CARACTERISTIQUES THERMO-PHYSIQUE | | | |
|-----------------|------------------------|---|---|-------------------------------|------------------|
| | | Conductivité thermique λ (kJ/hmk) | Masse volumique (densité) ρ (kg/m ³) | Capacité thermique C (kJ/kgk) | Epaisseur e (cm) |
| Murs Extérieurs | Enduit de plâtre | 1.26 | 900 | 0.936 | 03 |
| | Brique perforée | 2.016 | 900 | 0.936 | 10 |
| | lame d'air | 0.33 | 1 | 1.23 | 5 |
| | Brique préforée | 2.016 | 900 | 0.936 | 10 |
| | Mortier de ciment | 5.04 | 2200 | 1.080 | 02 |
| Plancher haut | Enduit de plâtre | 1.26 | 900 | 0.936 | 03 |
| | plancher à corps creux | 5.22 | 1450 | 1.080 | 20 |
| Plancher bas | Carrelage granito | 7.56 | 2200 | 0.936 | 02 |
| | Mortier de ciment | 5.04 | 2200 | 1.080 | 02 |
| | Béton plein | 6.3 | 2500 | 1.080 | 0.5 |
| | Sable gravillon | 4.32 | 1800 | 0.792 | 0.5 |

IV-1-3 Modélisation des différents systèmes : Plusieurs actions de rafraîchissement passif ont été étudiées :

- **La ventilation naturelle :** dans ce cas le bâtiment est ventilé selon le schéma d'ouverture de la fenêtre suivant :

Tableau (IV-2) : les heures d'ouverture et fermeture de la fenêtre en ventilation naturelle.

| Heures | 20h \Rightarrow 24h | 24h \Rightarrow 8h | 8h \Rightarrow 11h | 11 \Rightarrow 16h | 16h 20h |
|----------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| Fenêtres | fermées | fermées | ouvertes | fermées | ouvertes |

La sur ventilation nocturne : une sur ventilation nocturne a été mise en place. Elle a été testée avec plusieurs débits selon le scénario suivant (le **tableau (IV-3)**).

Tableau (IV-3) : les heures d'ouverture et fermeture des fenêtres en ventilation nocturne.

Les débits simulés sont : **2v/h ; 4v/h ; 8v/h et 16v/h.**

| Heures | 24h \Rightarrow 08h | 08h \Rightarrow 20h | 20h \Rightarrow 24h |
|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Fenêtres | ouvertes | fermées | ouvertes |

- **Minimiser les apports solaires**, par l'utilisation des protections solaires qui sont fixés sur les ouvrants du bâtiment étudié. les dimensions choisies sont représentées sur la figure (IV-2)

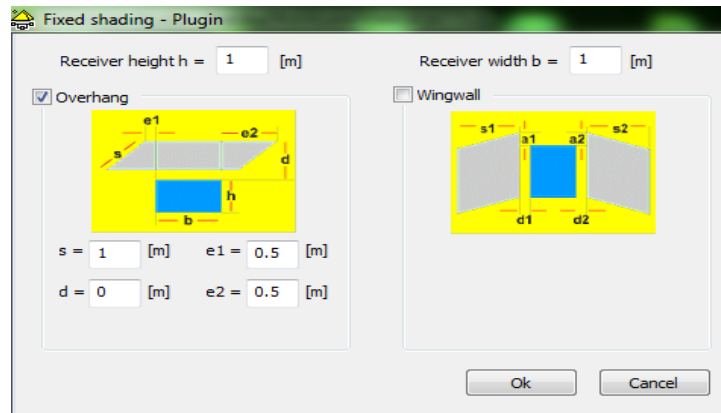


Figure (IV-2) : Dimensions des protections solaires.

IV-1-4 Modélisation du bâtiment au sein de TRNSYS

La modélisation d'un bâtiment avec le logiciel TRNSYS doit passer impérativement par 02 étapes principales :

-Description détaillée du bâtiment : Cette étape nécessite l'utilisation d'un sous programme indépendant appelé TRNBUILD.

-Couplage du bâtiment avec son environnement : Ceci se fait grâce à l'interface graphique TRNSTUDIO.

IV-1-4-1 Description du bâtiment au sein de l'interface de TRNBUILD :

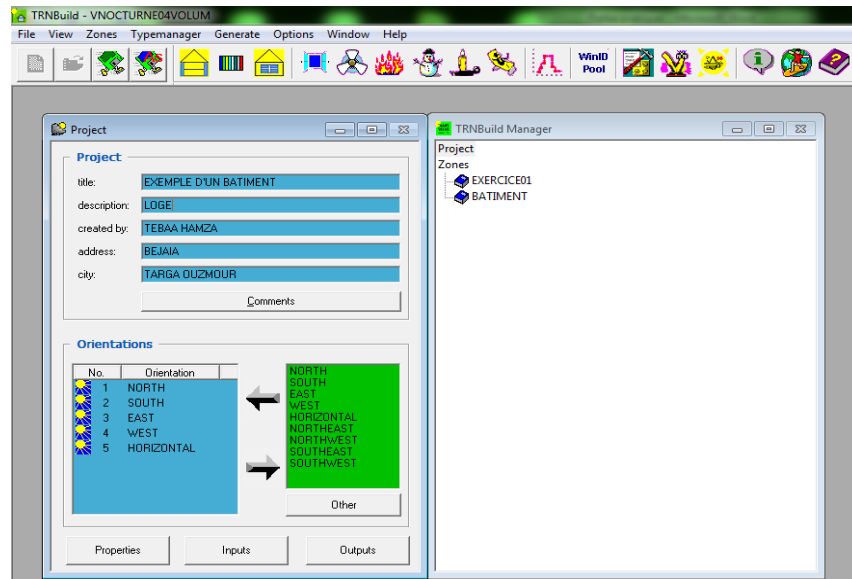
En raison de la complexité de définition d'un bâtiment multizone, les données concernant le bâtiment ne sont pas introduites directement dans le fichier de TRNSYS. Elles sont définies ailleurs à l'aide de l'interface TRNBUILD.

TRNBUILD est une interface qui permet de générer le fichier de données concernant le bâtiment. On peut résumer la création d'un nouveau bâtiment au sein de TRNBUILD par les étapes suivantes :

A- La fenêtre d'initialisation du projet et la fenêtre d'orientation :

Dans cette interface on définit au premier lieu le volume thermique à étudier, ainsi que les orientations des différentes surfaces de l'enveloppe du bâtiment (Nord, Sud, Est, Ouest et horizontal). En second lieu on doit spécifier certaines propriétés physiques de l'air utiles pour connaître l'environnement étudié (densité, capacité... etc.), ainsi que les entrées et les sorties

désirées pour la simulation figure (IV-3-a).les différentes zones sont définies dans la fenêtre de l'orientation figure (IV-3-b).



(a)

(b)

Figure (IV-3) : Interface du TRNBUILD

B- La fenêtre de zone :

La fenêtre de ZONE (Figure IV-4) contient toute l'information décrivant une zone thermique du bâtiment. Les données décrivant une zone peuvent être divisées en quatre catégories principales :

- Les coefficients caractérisant les transferts thermiques.
- Les murs de la zone
- Fenêtre de la zone.
- Les données relatives aux systèmes de climatisation ainsi que le mode d'occupation de la zone : l'INFILTRATION, VENTILATION, REFROIDISSEMENT, CHAUFFAGE, GAINS et CONFORT.

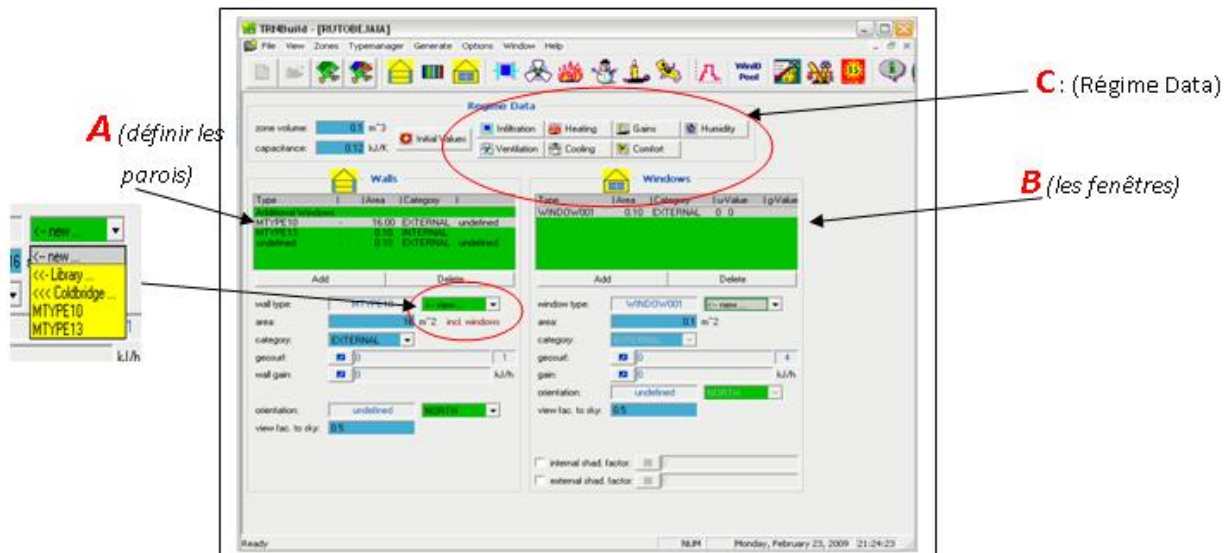


Figure (IV-4) : la fenêtre de ZONE

- a- **Définir les parois** : Lorsque l'on définit un nouveau mur, il existe deux possibilités : on peut soit choisir une paroi déjà existante dans la bibliothèque de TRNSYS, soit la définir dans une nouvelle fenêtre qui nous permet de décrire les différents matériaux constitutifs de la paroi figure (IV-5)

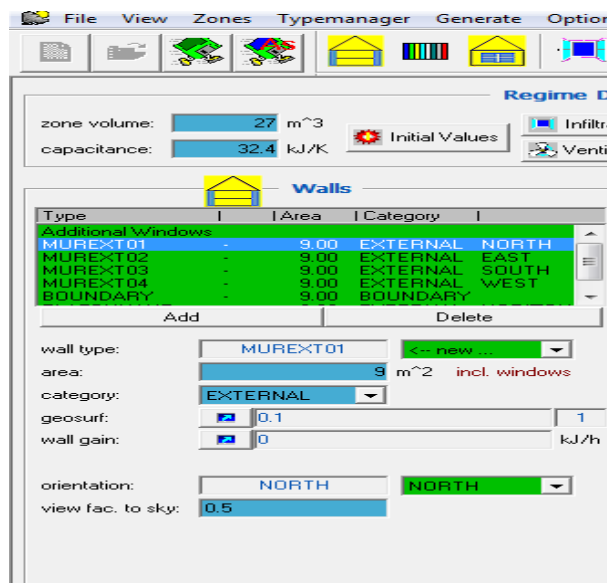


Figure (IV-5) : Définir les parois

- b- Définir les fenêtres :** La saisie des fenêtres se fait à partir de ‘fenêtre zone’ Figure (IV-4), en sélectionnant un mur sur lequel la fenêtre est localisée **Figure (IV-6)**.

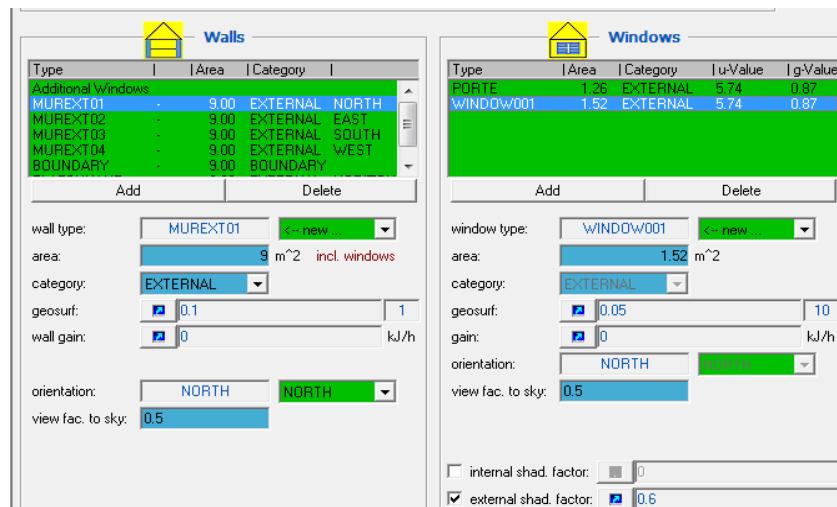


Figure (IV-6) : Définir une fenêtre

- c- Régime Data :**
- d- Infiltration :** définir les débits d’air extérieur entrant dans la zone ; dans notre cas on a pris un débit hygiénique de 0.5volume/h. Figure (IV-7).

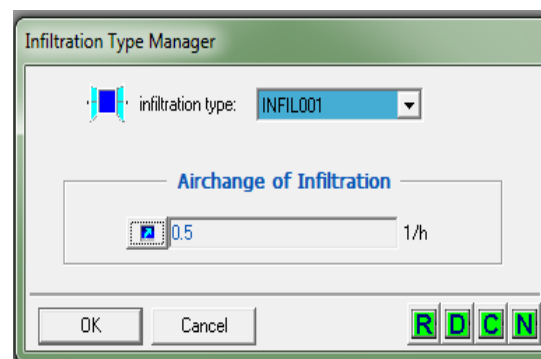


Figure (IV-7) : Fenêtre d'INFILTRATION

- Ventilation** : Un système de ventilation mécanique peut être défini à ce niveau.
 - Heating (Chauffage)** : Permet de définir le système de chauffage utilisé dans la zone.
 - Cooling** : Permet de définir le système de climatisation utilisé dans la zone.
 - Gains** : permet de définir les différents apports internes dans la zone (éclairage, personnes, ordinateurs...)
- Remarque :** Aucun système de ventilation ni de chauffage ou de refroidissement n’est considéré dans notre bâtiment.

TRNEdit permet de saisir ces informations et de générer les fichiers d'entrées nécessaires pour une simulation avec TRNSYS.

Pour le bâtiment avec ventilation, c'est l'ouverture des fenêtres qui conditionne la ventilation naturelle ou nocturne. La définition des horaires d'ouverture des fenêtres dans TRNBUILD se fait avec « schedule Type » **Figure (IV-8)**.

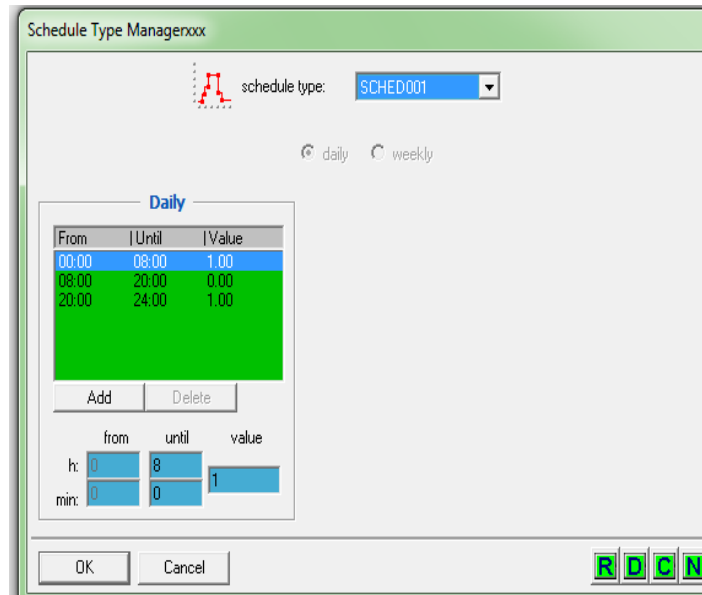


Figure (IV-8) : Programmation horaires d'ouvertures et fermeture des Fenêtres en ventilation nocturne.

C- LESOUTPUTS : c'est la dernière étape de la définition d'un bâtiment. La fenêtre de la **Figure (IV-9)** permet de défiler un nombre important de sorties (résultats) désirées.

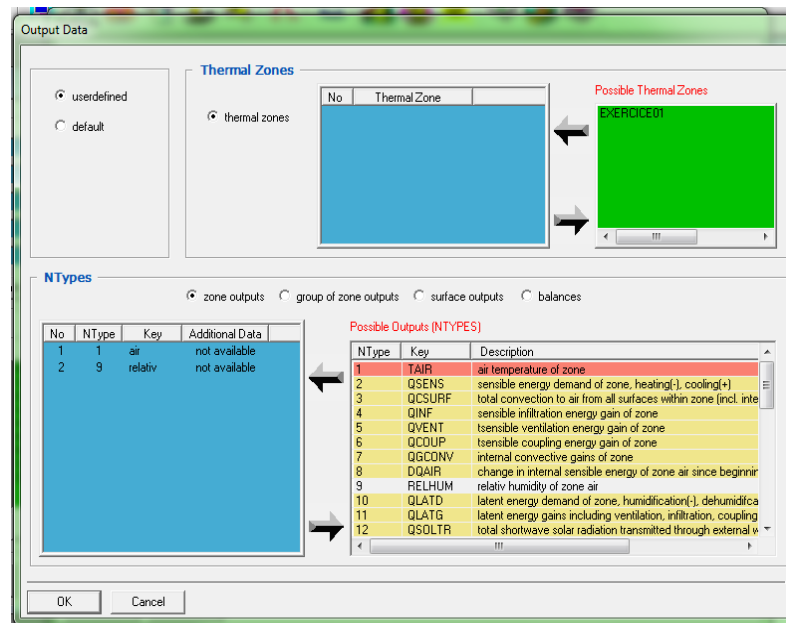


Figure (IV-9).Interface des OUTPUTS

Le choix dépend de l'objectif recherché dans l'étude du bâtiment **Figure (IV-10)**.

Les sorties (résultats) choisis pour notre bâtiment sont :

- La température ambiante intérieure.
- L'humidité relative intérieure.

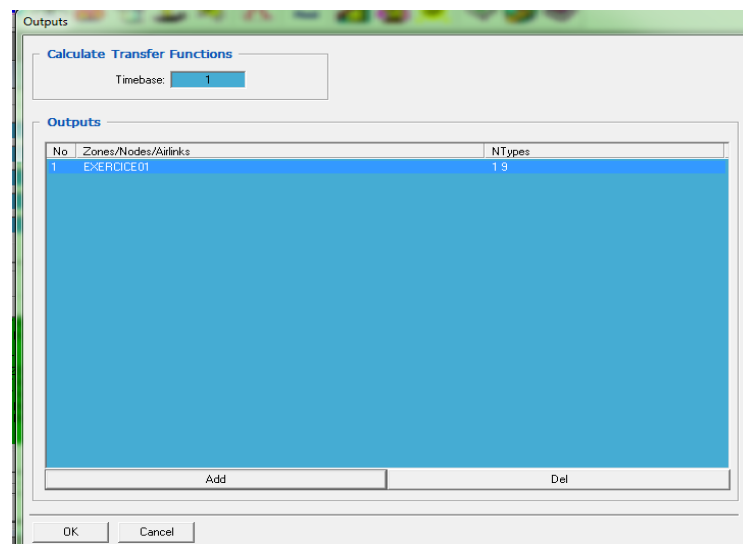


Figure (IV-10).Fenêtre définie

A la fin un fichier de données est automatiquement généré par TRNBUILD (Annexe 1).

IV-1-4-2 Couplage bâtiment environnement au sein du TRNSTUDIO:

Le TRNSYS Simulation Studio est une interface graphique complète, permettant à la fois la définition des composants et des projets de simulation **Figure (IV-11)**.

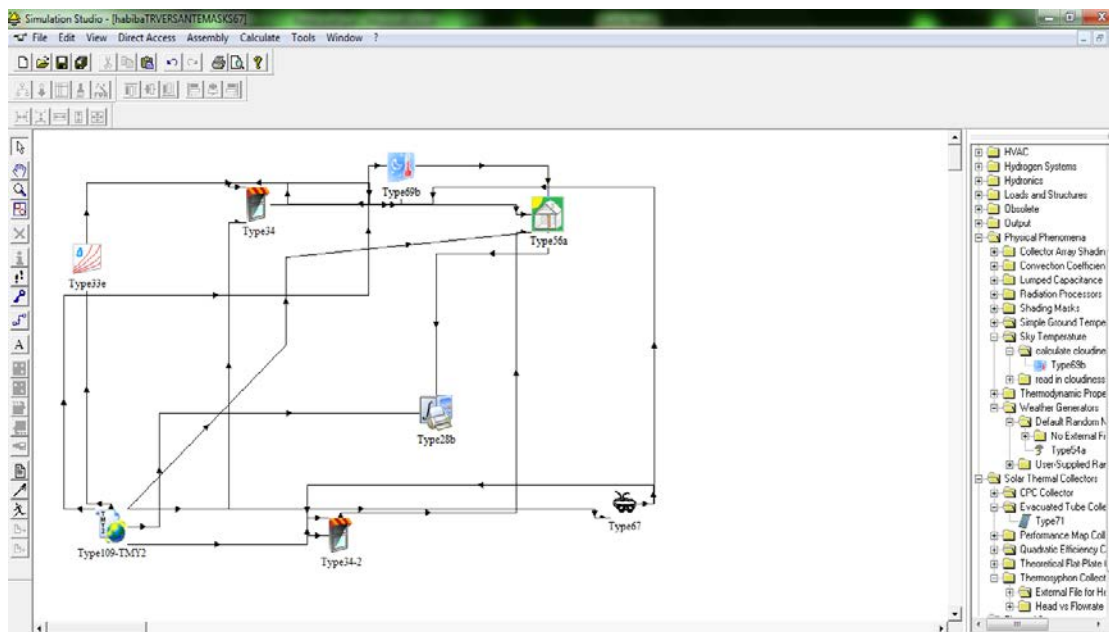


Figure (IV-11) : Interface graphique du TRNSYS Studio

A droite de la fenêtre, on trouve les différents composants (types) qui existent au sein du logiciel TRNSYS. Dans notre projet, nous avons utilisé les composants suivants :

- **Type 109 : Lecteur des données solaires combinées :** L'objectif principal de ce type est la lecture à partir d'un fichier externe des données climatiques tels que la température extérieure, la vitesse du vent, le rayonnement solaire...

Il permet, par la suite, de les traiter afin de calculer les radiations (incidentes ou diffusés) sur n'importe quelle surface du bâtiment.

Ce composant nécessite la définition d'un fichier de données météorologique externe.

- **Type 33: diagramme de l'air humide :** Ce type permet de calculer le rapport d'humidité, température humide, enthalpie, densité de mélange de l'air-eau, densité d'air sec, humidité relative (comme pourcentage), température sèche et la température de point de condensation.

- **Type 69 : La Température Efficace Du Ciel** : Ce composant détermine la température de la voute céleste, et l'échange du rayonnement des surfaces externes d'un bâtiment à l'atmosphère.

La température du ciel est employée pour calculer l'échange de rayonnement de surfaces externes à l'atmosphère.

La température du ciel est une fonction de la température ambiante, humidité d'air, facteur d'opacité du ciel, et de la pression atmosphérique locale.

- **Type 56 : Bâtiment Multizone - Description Générale** : Ce composant permet de traiter le bâtiment calculé. Il nécessite l'introduction du fichier contenant la description du bâtiment (*bui).

- **Le type 28** : Sert à stocker les résultats dans des fichiers bien précis en intégrant ses entrées pendant un intervalle de temps choisi.

- **Le type 34** : permet la description des protections solaires utilisées (forme, dimensions) et le calcul des masques résultants

- **Le type 67** : Ce type permet la lecture des hauteurs angulaires des masques sur les ouvertures et d'obtenir en sortie la fraction du rayonnement direct visible de l'ouverture, la fraction ombragée ainsi que le diffus visible et le diffus ombragé

IV-1-4-2-1- Liaisons entre les types : dans notre fichier

TYPE 109 \longleftrightarrow **TYPE 33**

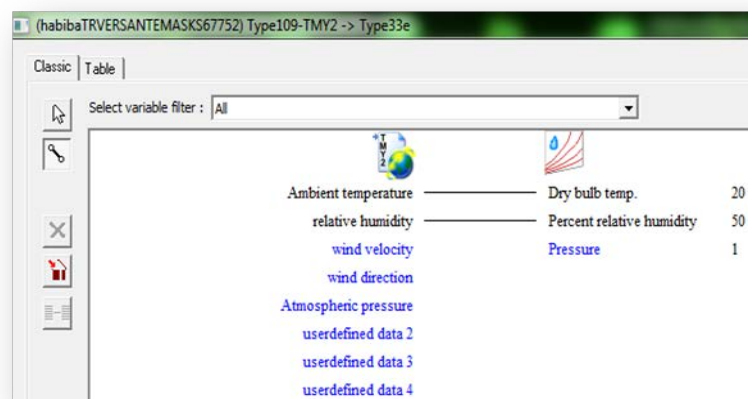


Figure (IV-12) : liaison type 109-type 33

TYPE 109 → TYPE6

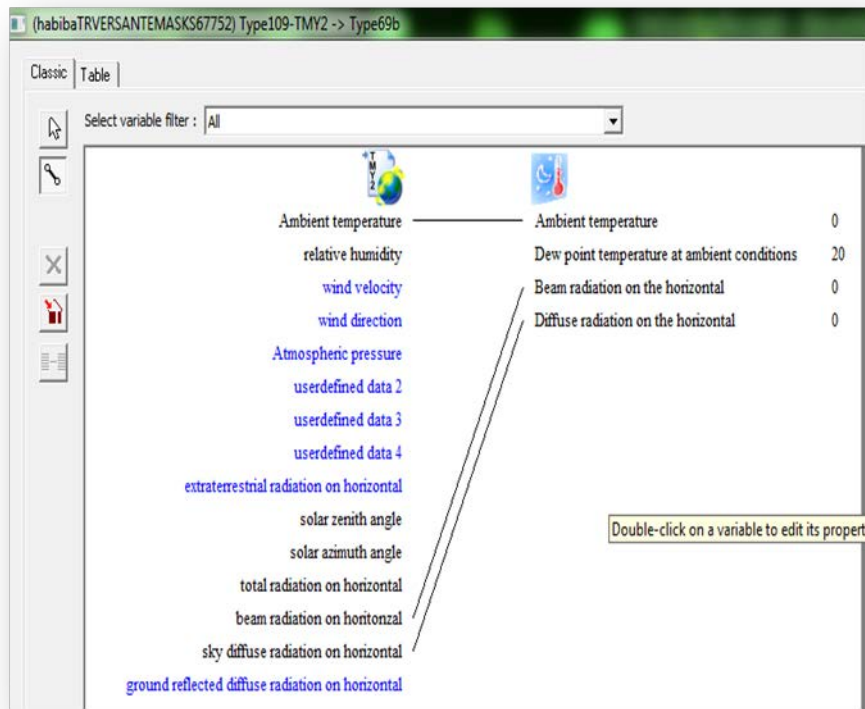


Figure (IV-13) : liaison type 109-type 33

TYPE 109 → TYPE56

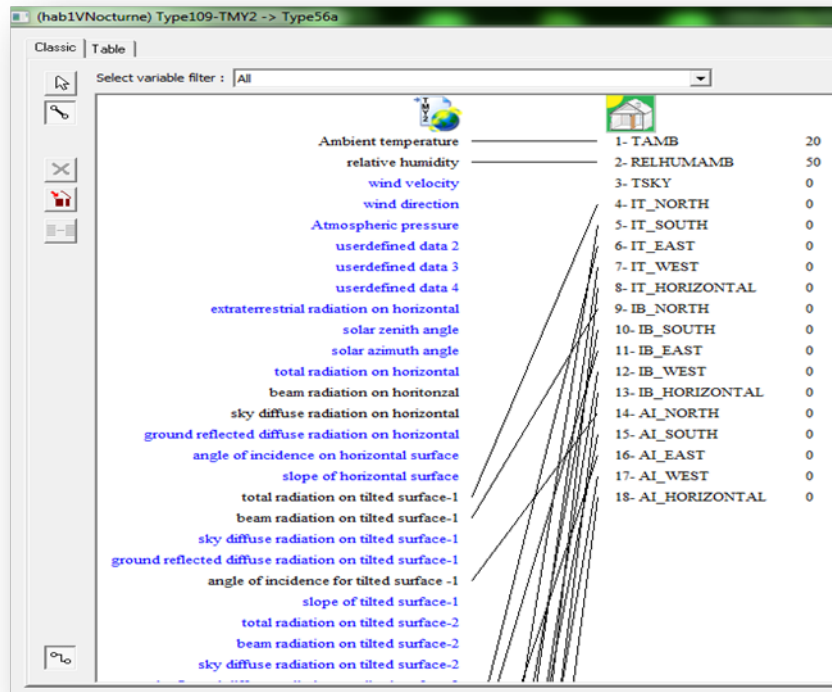


Figure (IV-14) : liaison type 109-type 56

TYPE 109 → TYPE56

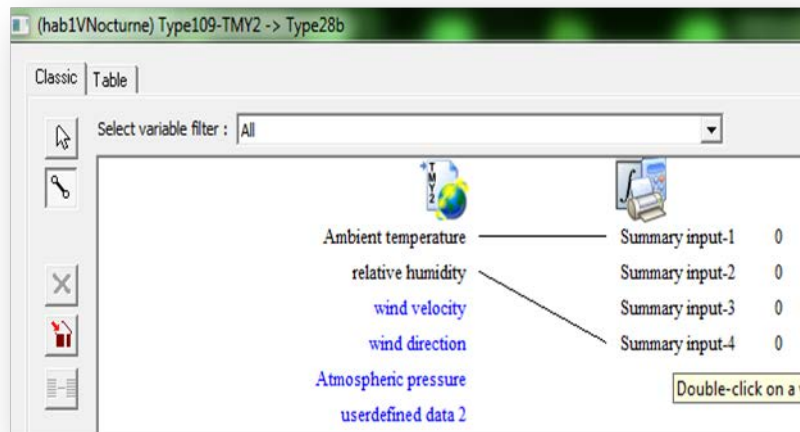


Figure (IV-15) : liaison type 109-type 28

TYPE 109 → TYPE34

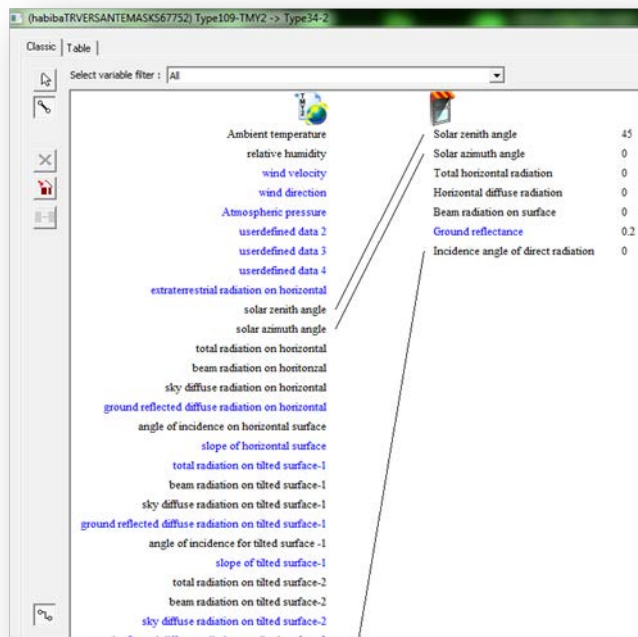


Figure (IV-15) : liaison type 109-type 34

TYPE 109 ⇨ TYPE67

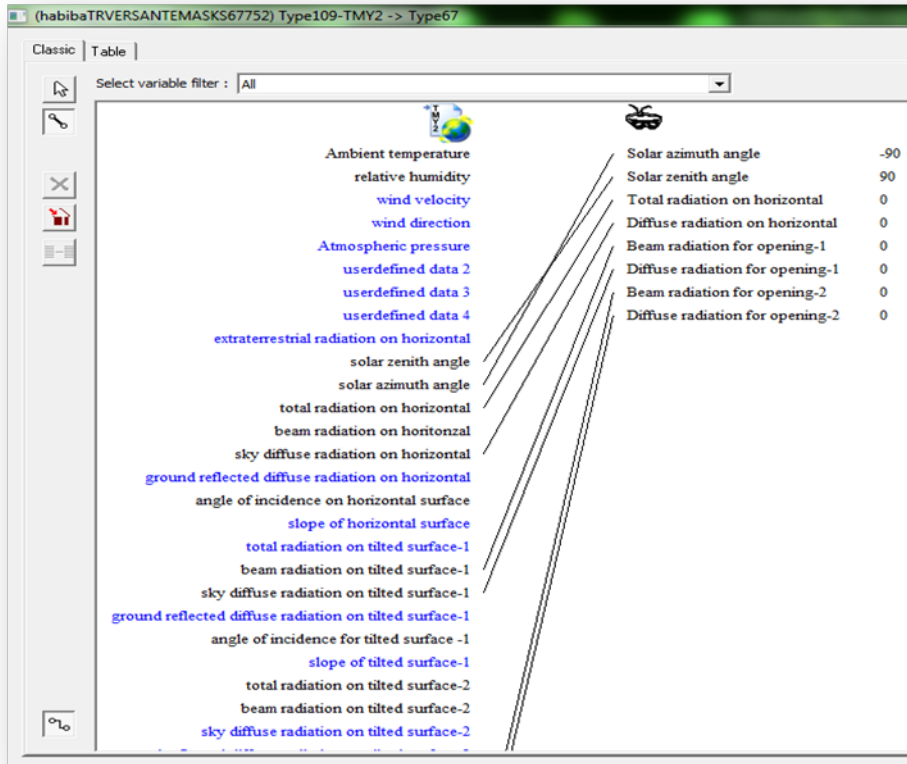


Figure (IV-16) : liaison type 109-type67

TYPE 69 ⇨ TYPE56

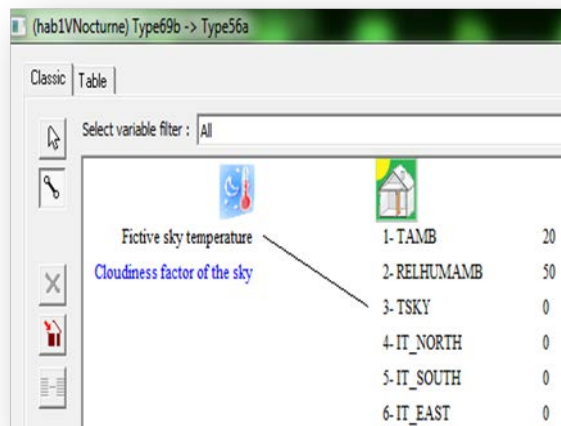


Figure (IV-16) : liaison type 69-type56

TYPE28 → TYPE56

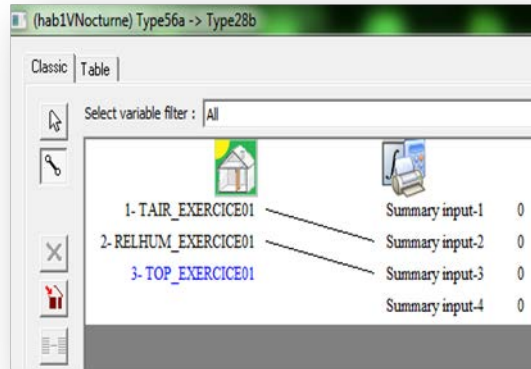


Figure (IV-17) : liaison type 28-type56

TYPE34 → TYPE56

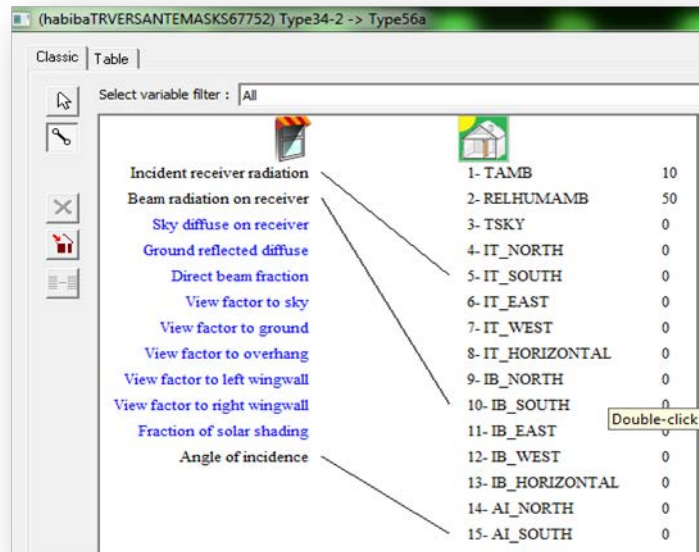


Figure (IV-18) : liaison : type 34-type5

TYPE67 \longrightarrow TYPE34-2

| Variable | Value |
|--|-------|
| Solar altitude angle | 45 |
| Fraction of beam visible for surf.-1 | 0 |
| Shaded beam rad. for surf.-1 | 0 |
| Fraction of diffuse visible for surf.-1 | 0 |
| Shaded diffuse rad. on surf.-1 | 0 |
| Shaded total rad. for surf.-1 | 0 |
| Fraction of beam visible on horiz. for mask-1 | 0 |
| Shaded beam rad. on horiz. for mask-1 | 0 |
| Fraction of diffuse visible on horiz. for mask-1 | 0 |
| Shaded diffuse rad. on horiz. for mask-1 | 0 |
| Shaded total rad. on horiz. for mask-1 | 0 |
| Fraction of beam visible for surf.-2 | 0 |
| Shaded beam rad. for surf.-2 | 0 |
| Fraction of diffuse visible for surf.-2 | 0 |
| Shaded diffuse rad. on surf.-2 | 0 |
| Shaded total rad. for surf.-2 | 0 |
| Fraction of beam visible on horiz. for mask-2 | 0 |
| Shaded beam rad. on horiz. for mask-2 | 0 |
| Fraction of diffuse visible on horiz. for mask-2 | 0 |
| Shaded diffuse rad. on horiz. for mask-2 | 0 |
| Shaded total rad. on horiz. for mask-2 | 0 |
| Solar zenith angle | 45 |
| Solar azimuth angle | 0 |
| Total horizontal radiation | 0 |
| Horizontal diffuse radiation | 0 |
| Beam radiation on surface | 0 |
| Ground reflectance | 0.2 |
| Incidence angle of direct radiation | 0 |

Figure (IV-19) : Liaison : Type67-Type34

IV-2 Analyse du comportement thermique du bâtiment selon le système mis en œuvre :

Il s'agit d'étudier le potentiel de rafraîchissement de quelques systèmes de rafraîchissement passifs dans deux climats différents. En effet, les simulations ont été réalisées en utilisant deux fichiers météorologiques : fichier correspondant à un climat semi-aride (Bechar) et un autre qui caractérise un climat méditerranéen (Alger).

Les différents bâtiments simulés sont :

- a- Un bâtiment de Base (de référence) : **Figure (IV-01)** avec un débit d'air hygiénique de 0.5volume/heure.
- b- Un bâtiment avec une ventilation naturelle traversante : On a créé une circulation d'air en rajoutant une deuxième fenêtre dans le mur extérieur orienté vers le nord. l'ouverture des fenêtres se fait selon le **tableau (IV-2)**
- c- Un bâtiment avec une sur ventilation nocturne ; l'ouverture de la fenêtre se fait selon les horaires présentés dans le **tableau (IV-3)**.

IV-3 Résultats et discussions :

Il s'agit d'analyser les résultats issus d'une série de modélisation ou chaque système de rafraîchissement à été modélisé, au sein de TRNSYS, de façon indépendante.

Le couplage entre deux différents systèmes a ensuite été analysé. Les températures intérieures ont été analysées durant une période représentative d'été : le mois le plus chaud qui est le mois de juillet. Un zoom a été réalisé sur une journée d'été (la plus chaude) afin de mieux évaluer l'action des différents systèmes.

Il y a lieu de noter que le fichier Building nécessite l'introduction de la température du sol sous le plancher bas (conditions aux limites). Nous avons opté pour une température du sol (T_{sol}) variant en fonction de la température extérieure en prenant approximativement que :

$T_{sol} \approx 85\% T_{ext}$.

IV-3-1 Analyse des courbes de températures :

Le premier graphe représente l'évolution journalière de la température extérieure ainsi que la température à l'intérieur du bâtiment pour :

- Le bâtiment de base.
- Le bâtiment avec ventilation traversante.
- Le bâtiment avec sur ventilation nocturne et plusieurs débit : 2-4-8-16.volume/heure

Il s'agit d'observer les actions de ces différents systèmes de rafraîchissement et de les comparer.

IV-3-1-2 Analyse des courbes de température journalière :

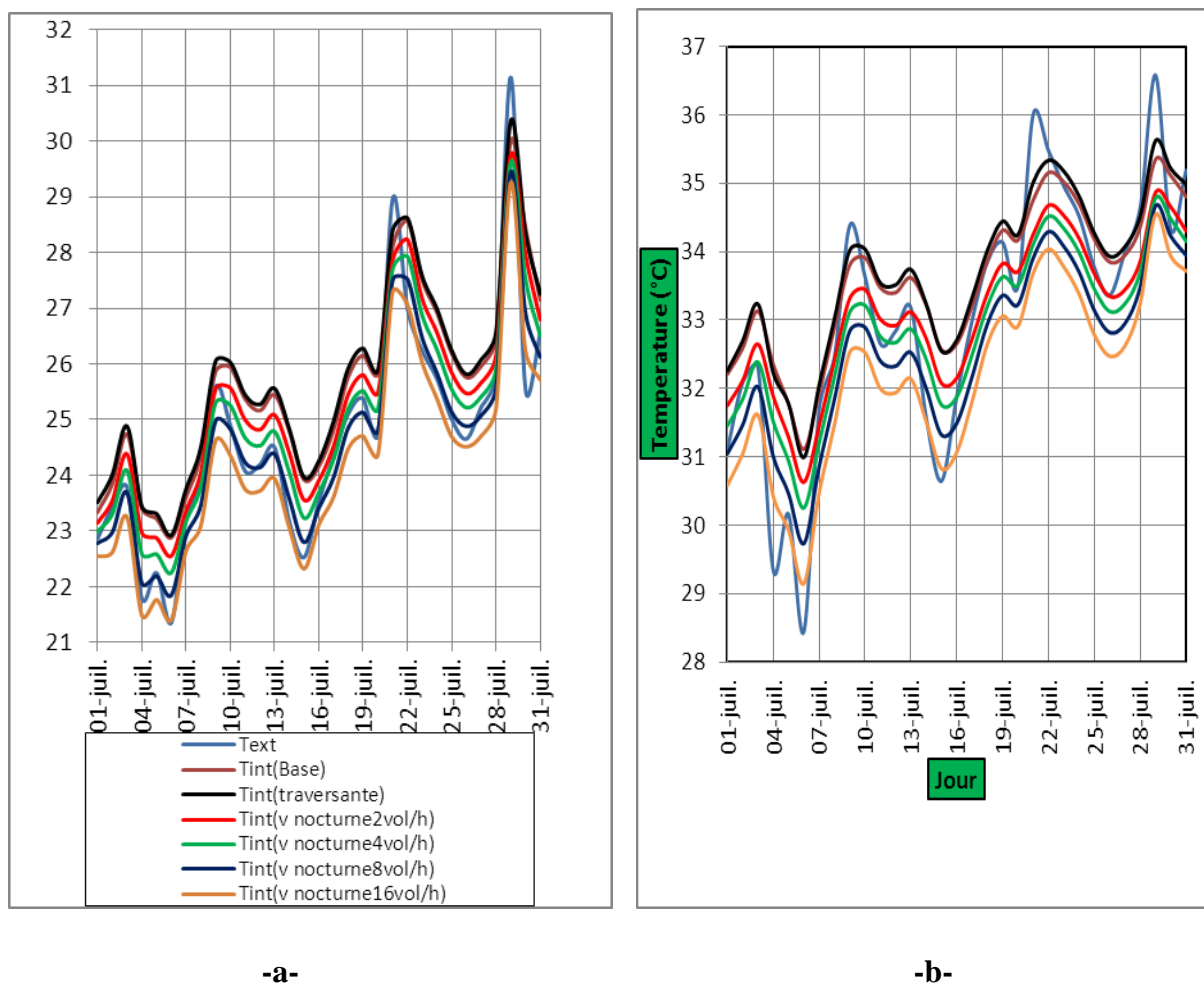


Figure (IV-20) : Evolution journalière de la température intérieure durant le mois du juillet : -a- climat méditerranéen (Alger) ; -b- climat semi-aride (Bechar).

En analysant le graphe (Figure IV-20) on voit clairement que les courbes ont la même allure avec différentes amplitudes. Nous remarquons pour les deux climats que le meilleur système de rafraîchissement dans ce cas est la sur ventilation nocturne. En effet, elle permet d'abaisser la température intérieure d'environ 1° à 2°C par rapport au bâtiment de base, selon le débit de ventilation adopté. Plus ce débit est important, plus l'efficacité du système est grande. Contrairement, la ventilation traversante s'avère un mauvais choix durant la période chaude ; puisque elle n'apporte aucun rafraîchissement par apport au bâtiment de base. On peut même remarquer que les températures intérieures dans ce cas sont légèrement plus importantes. Ceci peut s'expliquer par le fait d'avoir deux fenêtres, les apports solaires sont plus importants et la ventilation traversante ne peut pas équilibrer ces apports. Néanmoins, la ventilation traversante permet d'éviter les pics de température par rapport à l'extérieur (de 0.5 à 1°C).

En faisant un zoom sur la journée la plus chaude (29 juillet) (**Figure (IV-21)**), l'évolution des températures intérieure nous confirme que la ventilation traversante ne permet pas de rafraîchissement par rapport au bâtiment de base ou nous remarquons que la température intérieure est plus importante entre 09h et 19h environs.

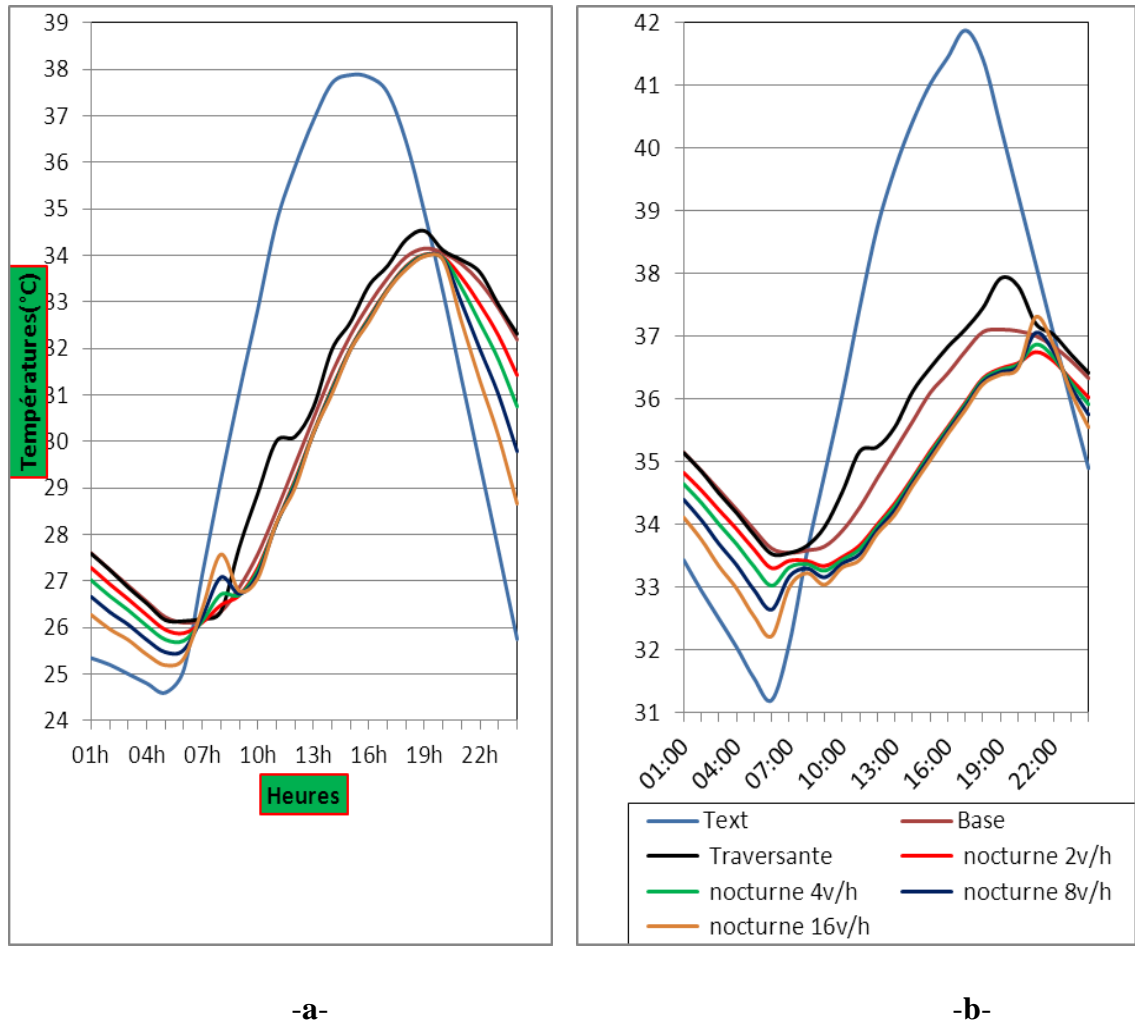


Figure (IV-21) : Evolution horaire de la température intérieure durant la journée la plus chaude: -a- climat méditerranéen (Alger) ; -b- climat semi-aride (Bechar).

Ce graphe nous indique aussi qu'il ne faut pas choisir un très grand débit de sur ventilation nocturne sous prétexte de rafraîchir plus puisque, en passant de 02volume/heure à 16 volume/heure la température intérieure diminue de moins de 1°C la nuit et elle est presque identique la journée. Nous remarquons aussi que la sur ventilation nocturne est plus efficace à Bechar qu'à Alger. Elle permet de réduire, durant la journée la température intérieure environs 1.22°C (par rapport au bâtiment de base). Contre seulement 0.6°C à Alger ; soit deux fois moins. Ceci est dû au fait que

l'écart de température entre l'heure d'ouverture des fenêtres (20h) et l'heure de fermeture (08h) est plus importante à Bechar (6°C environ) qu'à Alger (4°C environ).

IV-3-2 Analyse des courbes des humidités :

En revenant à l'analyse des humidités relatives, les résultats obtenus représentés dans les courbes des graphes ci-dessous (**Figure IV-22**).

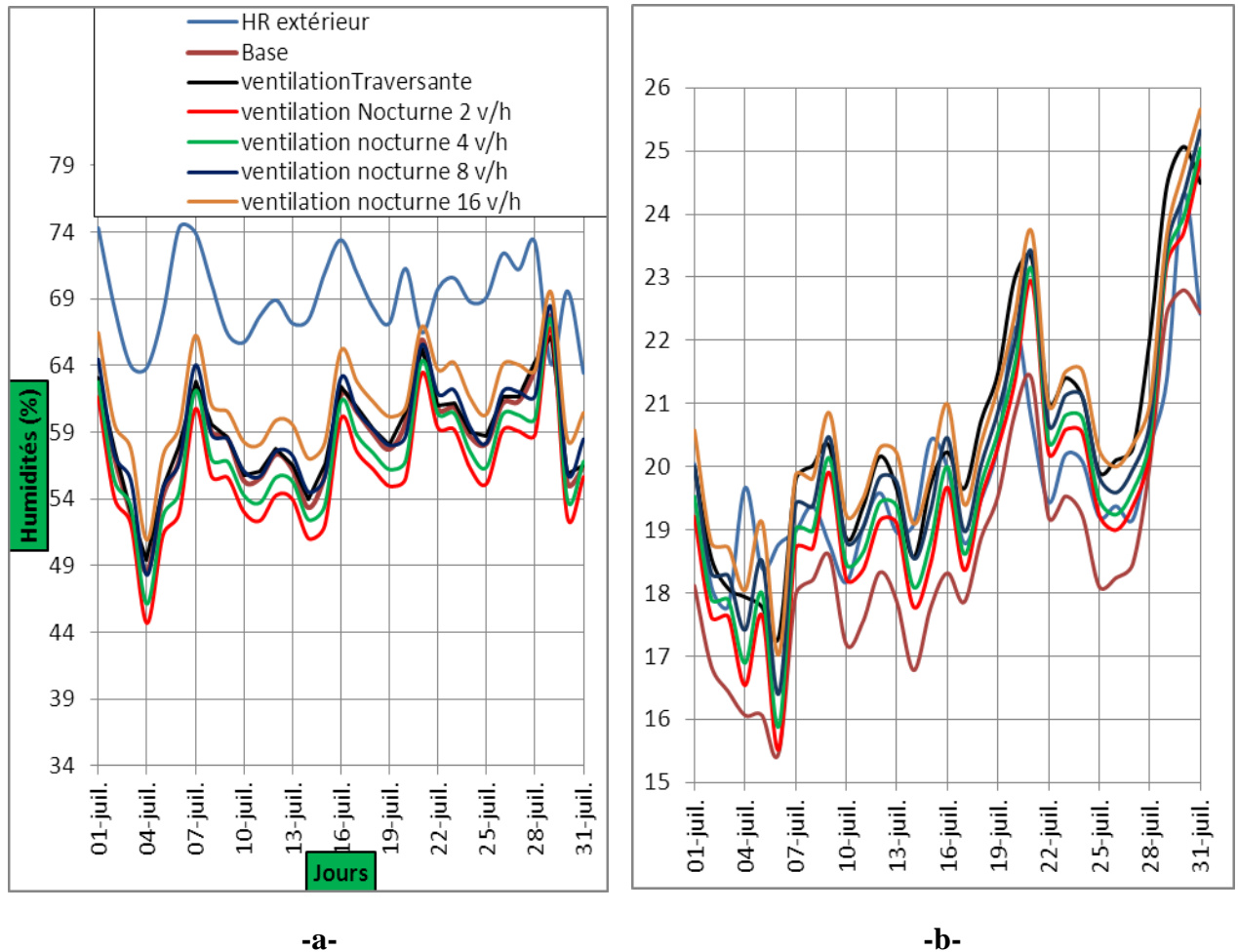
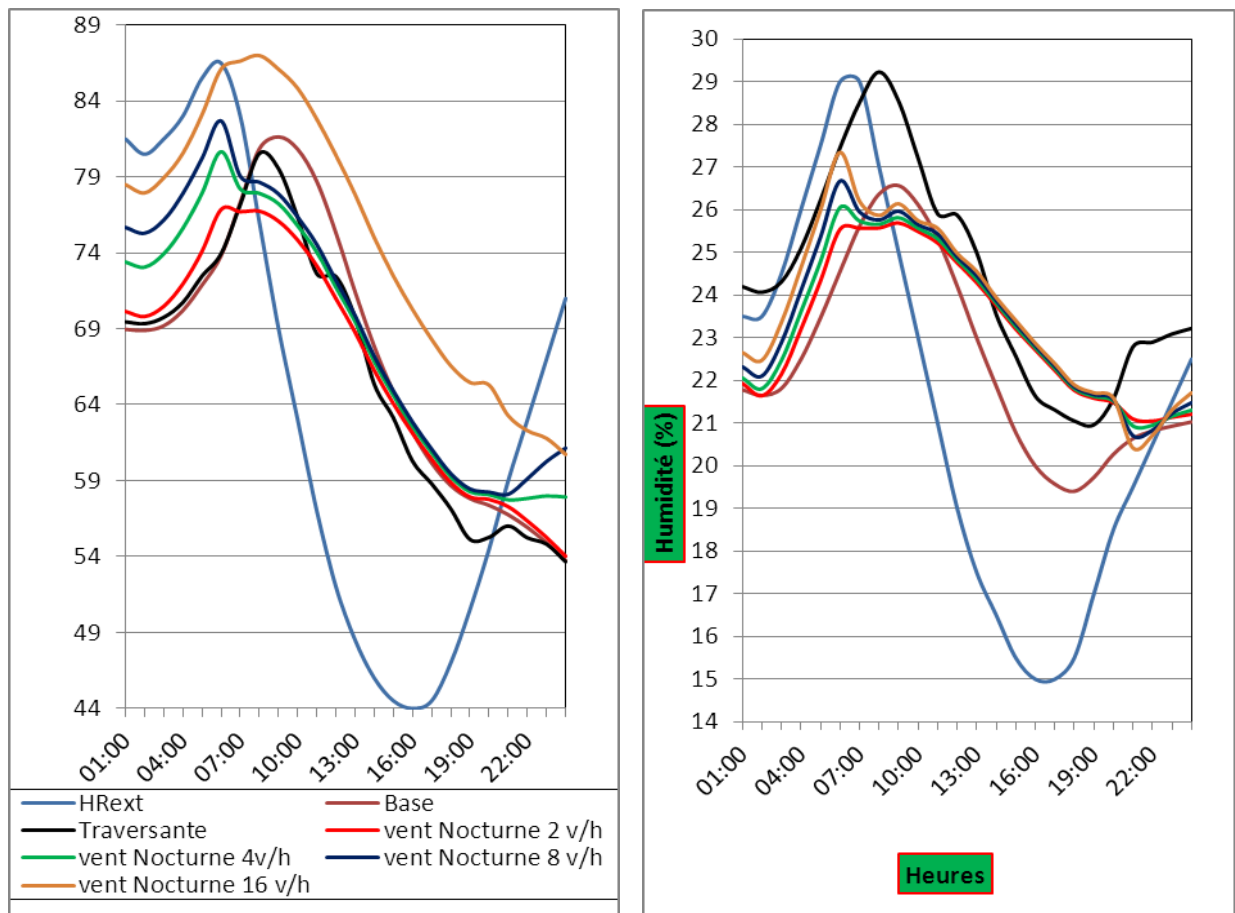


Figure (IV-22): Evolution journalière des humidités relatives durant le mois du juillet : -a- climat méditerranéen (Alger) ; -b- climat semi-aride (Bechar).

En analysant les courbes journalières des humidités relatives du local, on remarque que celles-ci sont toutes inférieures à l'humidité relative extérieure à Alger et se n'est pas le cas à Bechar.

L'évolution journalière montre qu'à Alger c'est la ventilation nocturne avec un débit de 16 volume/heure qui donne la plus grande valeur d'humidité alors que dans le climat semi-aride, la ventilation traversante et nocturne à 16 volume/heure donnent pratiquement des valeurs très proches.



-a-

-b-

Figure (IV-23) : Evolution horaire des humidités relatives durant la journée la plus chaude : -a- climat méditerranéen (Alger) ; -b- climat semi-aride (Bechar).

Un zoom a été fait sur la journée la plus chaude du mois de juillet. Afin de mieux évaluer le comportement hygrothermique du local. On voit que la courbe de la ventilation traversante (**Figure IV-23-a**) permet une diminution maximale d'humidité de 2.2% dans un climat méditerranéen. Contre une augmentation de 3% environ dans un climat semi-aride (**figure b**). Ceci prouve d'avantage que ce système n'apporte pas de rafraichissement significatif pendant les périodes chaudes. En ce qui concerne la sur ventilation nocturne, permet de préserver le bâtiment pendant la journée avec une légère diminution, plus que le débit est moins important, est cela dans un climat méditerranéen. Par contre dans la (**figure b**) ce système autorise l'augmentation de ces humidités proportionnelle au débit d'aération.

Ainsi ces courbes permettent de confirmer le fait que les humidités obtenues ne sont pas assez satisfaisantes au niveau du confort, notamment avec de la sur ventilation nocturne. Cependant, les

oscillations ont une amplitude assez importante, plus grande que l'humidité de référence. On observe bien une amplification de l'amplitude des humidités avec ce système.

La courbe d'humidité avec de la ventilation naturelle dans un climat semi-aride est également amplifiée par rapport à la courbe d'humidité de référence. L'humidité est cependant plus élevée de quelques pourcentages par rapport à la sur ventilation nocturne.

IV-3-3 Effet des dimensions des ouvrants sur les conditions de confort :

Afin d'analyser l'effet des dimensions des ouvrants sur l'évolution de la température intérieure, nous avons mis en place différentes dimensions de fenêtres, en passant du simple au double environ soit:

- Des fenêtres de 1.52 m².
- Des fenêtres de 3 m².
- Des fenêtres de 6 m².

Les résultats obtenus sont représentées sur la **Figure (IV-24)**.

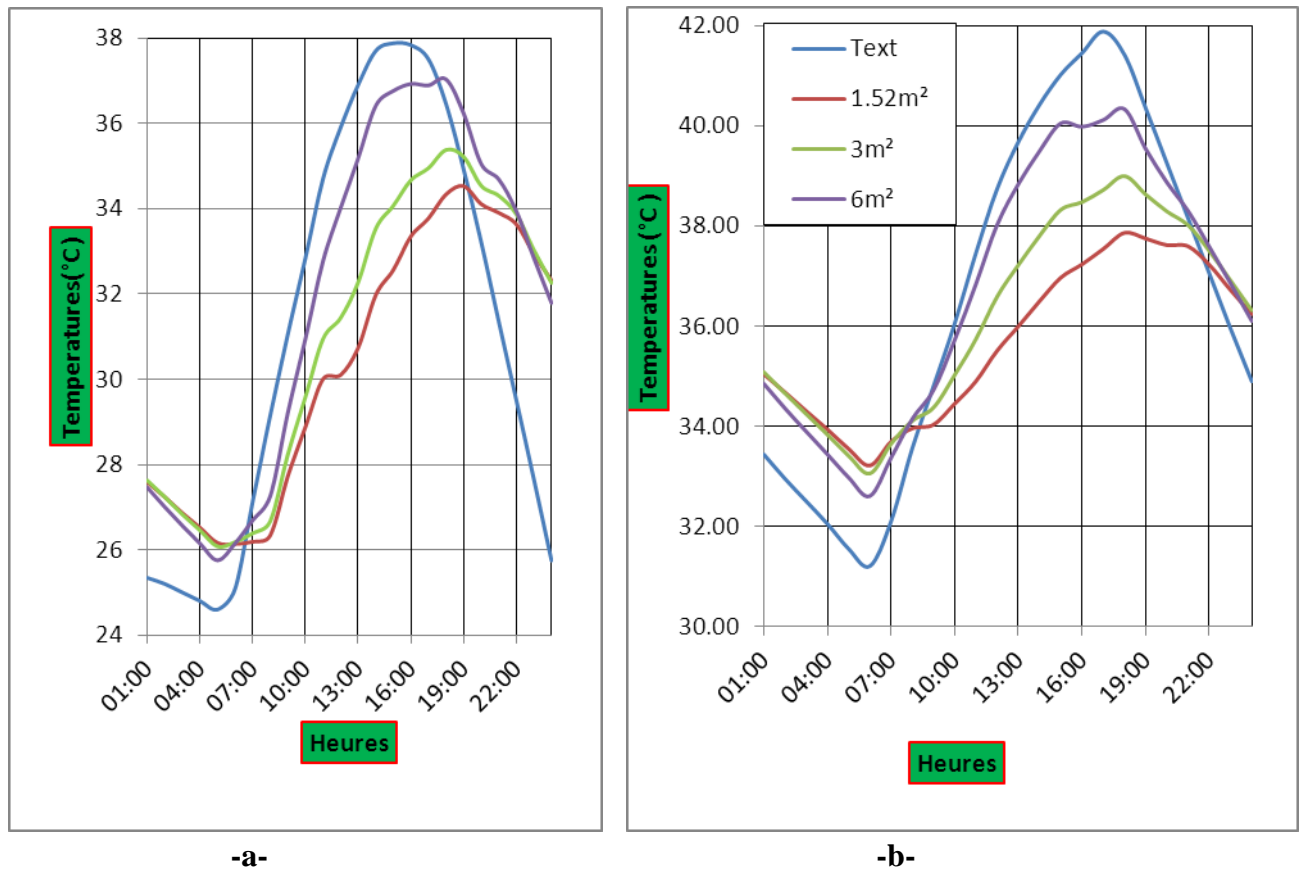


Figure (IV-24) : Effet des dimensions des ouvrants sur L'évolution de la température intérieure: -a- climat méditerranéen (Alger) ; -b- climat semi-aride (Bechar).

La première remarque que nous inspire ce graphique est une importante amplification des variations de température, On peut observer que les systèmes de ventilation sont plus performants quand la dimension des ouvrants est petite. Ceci s'explique par le fait qu'en augmentant la surface des fenêtres, les apports solaires augmente aussi et que les systèmes de ventilation n'arrivent pas à équilibrer ces apports. En terme de comparaison, on peut noter une différence max de 1.54°C entre une fenêtre de 1.52 m^2 et celle de 3 m^2 et de 2.90°C entre 3 m^2 et 6 m^2 à Alger. Contre 1.35°C et 1.73°C à Bechar. Cela montre qu'en augmentant les surfaces des fenêtres, les températures augmentent d'une manière plus importante. On peut conclure que les dimensions des fenêtres ont un effet direct sur l'évolution des températures intérieur.

IV-3-4 Couplage ventilation traversante – sur ventilation nocturne :

Le travail consiste ici à combiner les deux systèmes de rafraîchissement, ventilation traversante, sur ventilation nocturne et de voir l'efficacité du système combiné. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure ci-dessous.

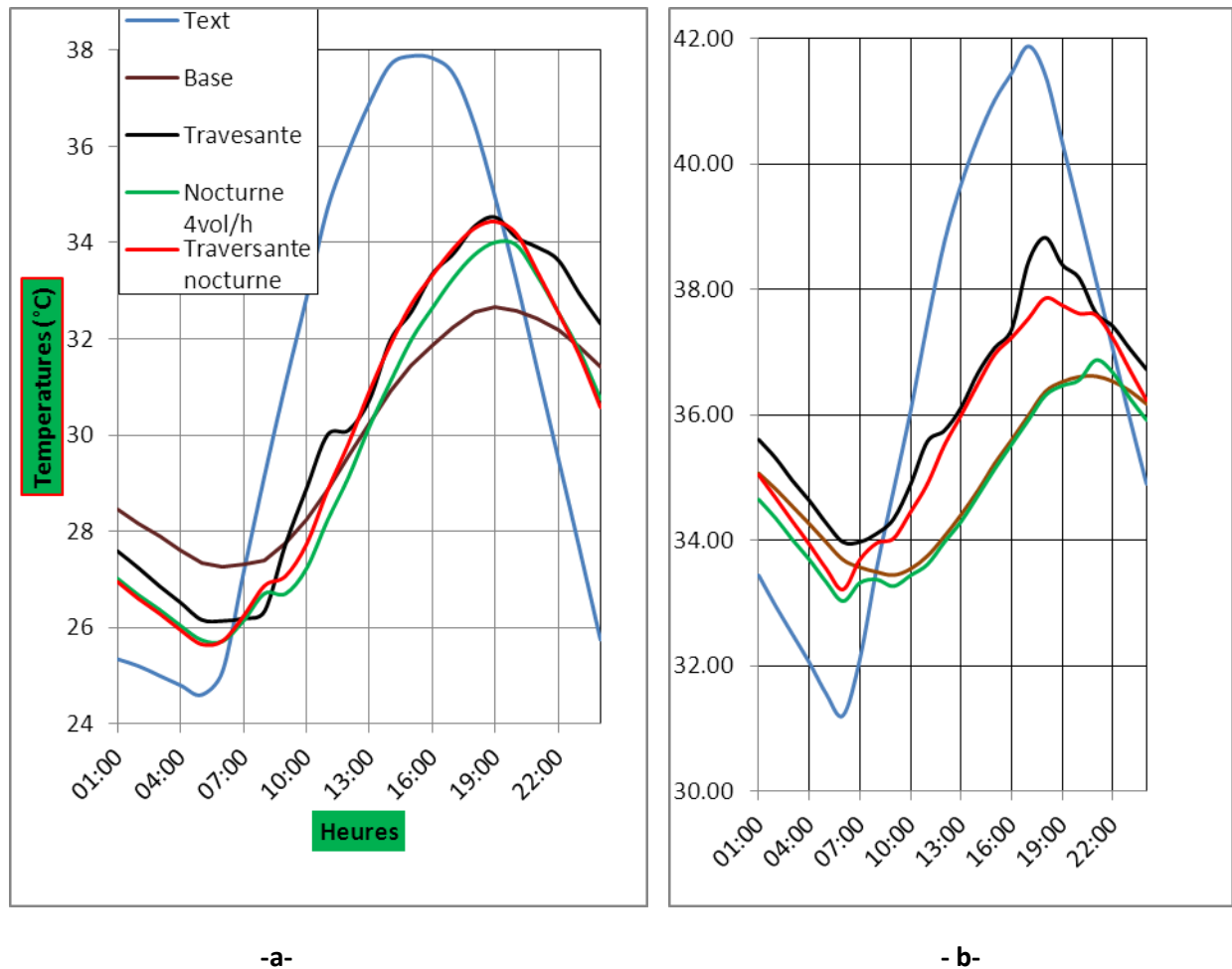


Figure (IV-25) : Impact de l'effet de la ventilation Traversante sur la ventilation Nocturne : -a- climat méditerranéen (Alger) ; -b- climat semi-aride (Bechar).

Pour le climat méditerranéen, les courbes montre que la ventilation traversante nocturne est le système qui permet les températures les plus basses durant la nuit, même si celles-ci ne sont pas très différentes de celles obtenues avec la ventilation nocturne (différence de 0.09°C). Contrairement pendant la journée, c'est la ventilation nocturne qui donne les températures les plus basses où on note un pic de 34°C contre 34.43°C avec une ventilation traversante nocturne et 34.52°C avec une ventilation traversante. Ceci est probablement dû au fait de prendre une fenêtre au lieu de deux fenêtres (traversante), on réduit les apports solaires dans le local.

Concernant le climat semi-aride, on voit clairement que la sur ventilation nocturne avec une seule fenêtre est plus efficace que le système combiné ce qui peut être justifié par rapport à la sur ventilation nocturne traversante par le nombre d'ouverture.

IV-3-5 Impact de l'orientation des fenêtres sur les conditions de confort:

1- Cas d'une ventilation traversante.

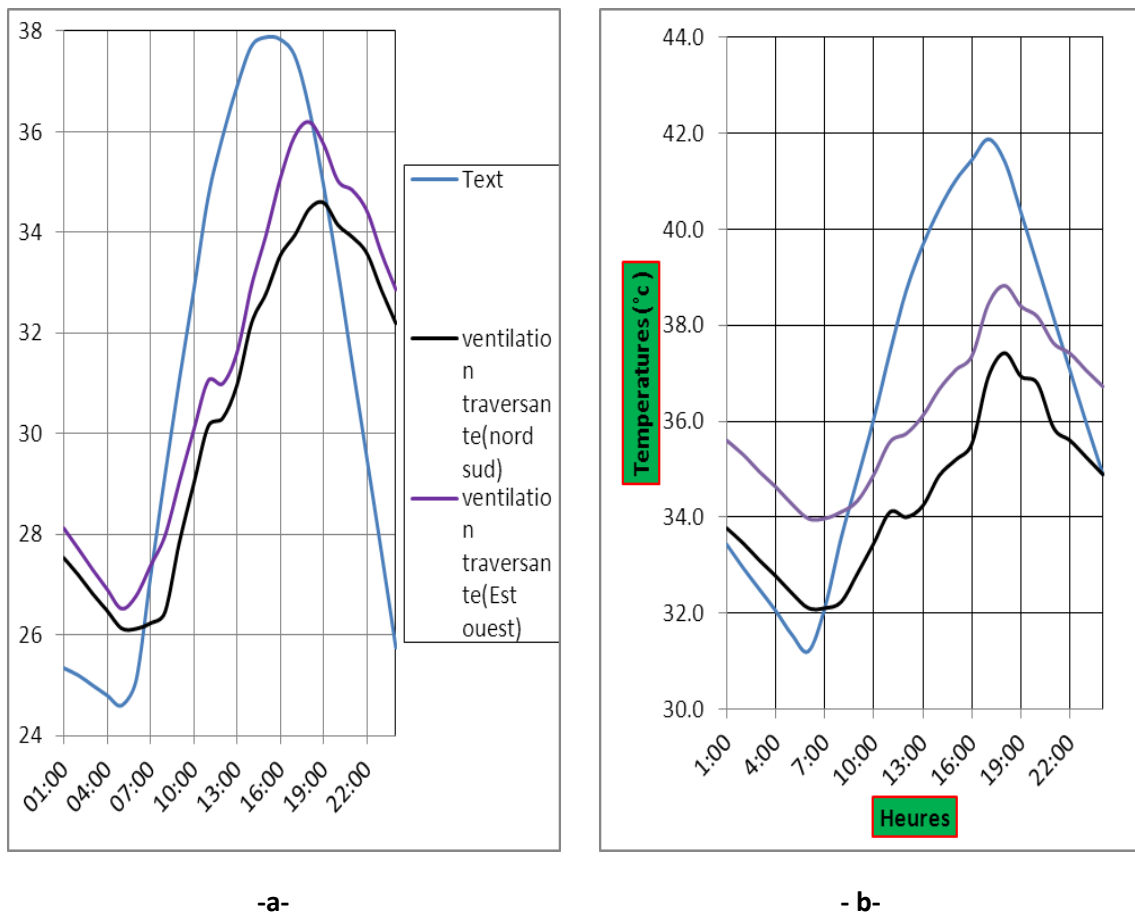


Figure (IV-26) : Impact de l'orientation des fenêtres sur l'effet de la ventilation traversante: -a- climat méditerranéen (Alger) ; -b- climat semi-aride (Bechar).

On observant les graphes ci-dessus, on voit clairement l'effet de l'orientation des fenêtres.

En effet, l'orientation Nord/Sud semble être le meilleur choix pour des températures plus confortables. Nous notons un abaissement de température intérieure d'environ 1.5°C en passant de l'orientation Est Ouest à l'orientation Nord Sud à Alger. Contre 2°C environ à Bechar.

Les pics de température sont réduits (par rapport à l'extérieur) de 5.5°C à Bechar et de 3.5 à Alger avec l'orientation Nord Sud. Donc il y'a lieu de tenir compte de l'orientation lors de la conception afin de contribuer aux conditions du confort thermique.

2- Cas d'une sur ventilation nocturne traversante.

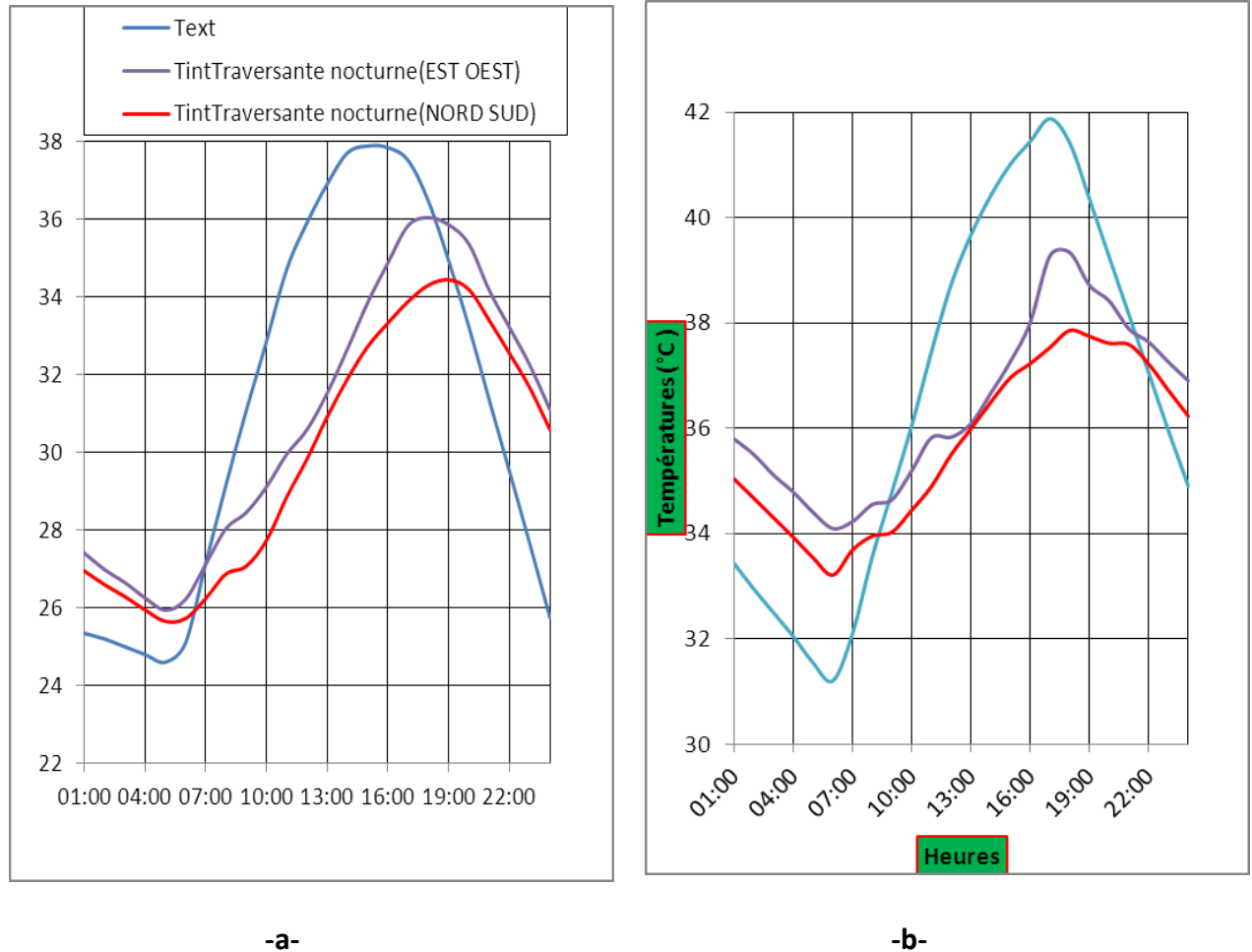


Figure (IV-27) : Impact de l'orientation des fenêtres sur l'effet de la sur ventilation nocturne: -a- climat méditerranéen (Alger) ; -b- climat semi-aride (Bechar).

Nous remarquons que même la ventilation nocturne est plus efficace avec l'orientation Nord/Sud qu' Est/Ouest. Ceci est dû au fait que l'orientation Nord/Sud est celle qui reçoit le moins de radiations solaires en été ce qui limite les apports solaires à l'intérieur pendant la journée.

IV-3-6 Effet des protections solaires :

Les protections solaires sont un dispositif dont le rôle essentiel est d'éviter qu'une partie du rayonnement solaire, notamment le direct, ne pénètre à travers une ouverture.

Le travail consiste à mettre des protections solaires fixes sur les ouvertures du bâtiment simulé. Il est vraiment nécessaire dans une maison de limiter les apports solaires, dès le lever du soleil jusqu'à son coucher. Il faut cependant veiller à ne pas limiter les apports solaires d'hiver et ne pas gêner le confort visuel.

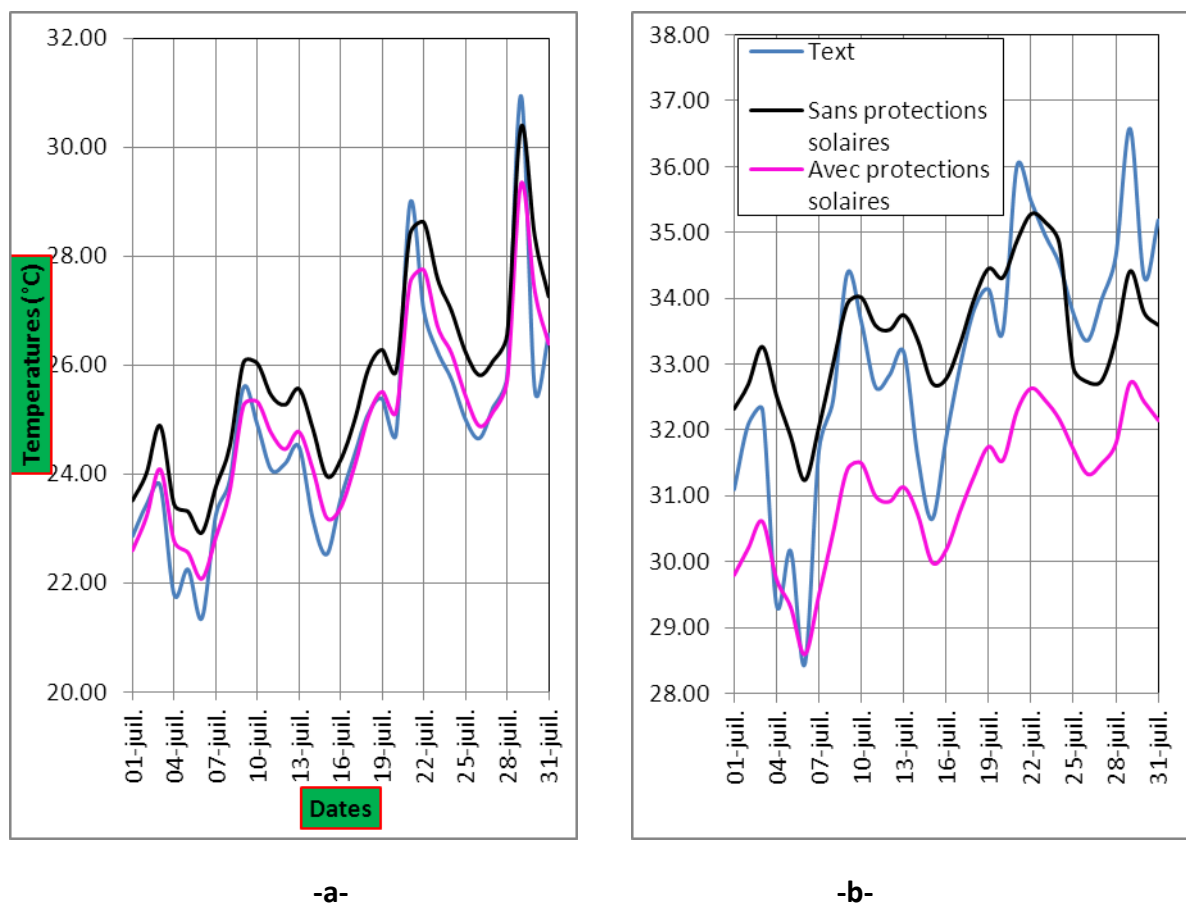


Figure (IV-28) : Evolution journalière des températures intérieure pendant le mois le plus chaud de l'année: -a- climat méditerranéen (Alger) ; -b- climat semi-aride (Bechar).

La première remarque que nous pouvons tirer de ce graphique est une importante amplification des variations de température, mais également une diminution assez forte des températures. Les protections solaires permettent de diminuer les températures d'environ 2.60°C dans le climat semi-aride, et de 0.85°C dans le climat méditerranéen; par rapport au bâtiment sans protection solaire.

L'influence des protections solaires sur la température intérieure est très remarquable pendant tous les jours du mois du juillet ou la température extérieur est importante.

Pendant la journée la plus chaude du mois (le 29 juillet). On voit clairement un écart de 1.62°C en évitant ainsi les pics solaires, ce qui prouve l'importance du système et son rôle sur le confort d'été.

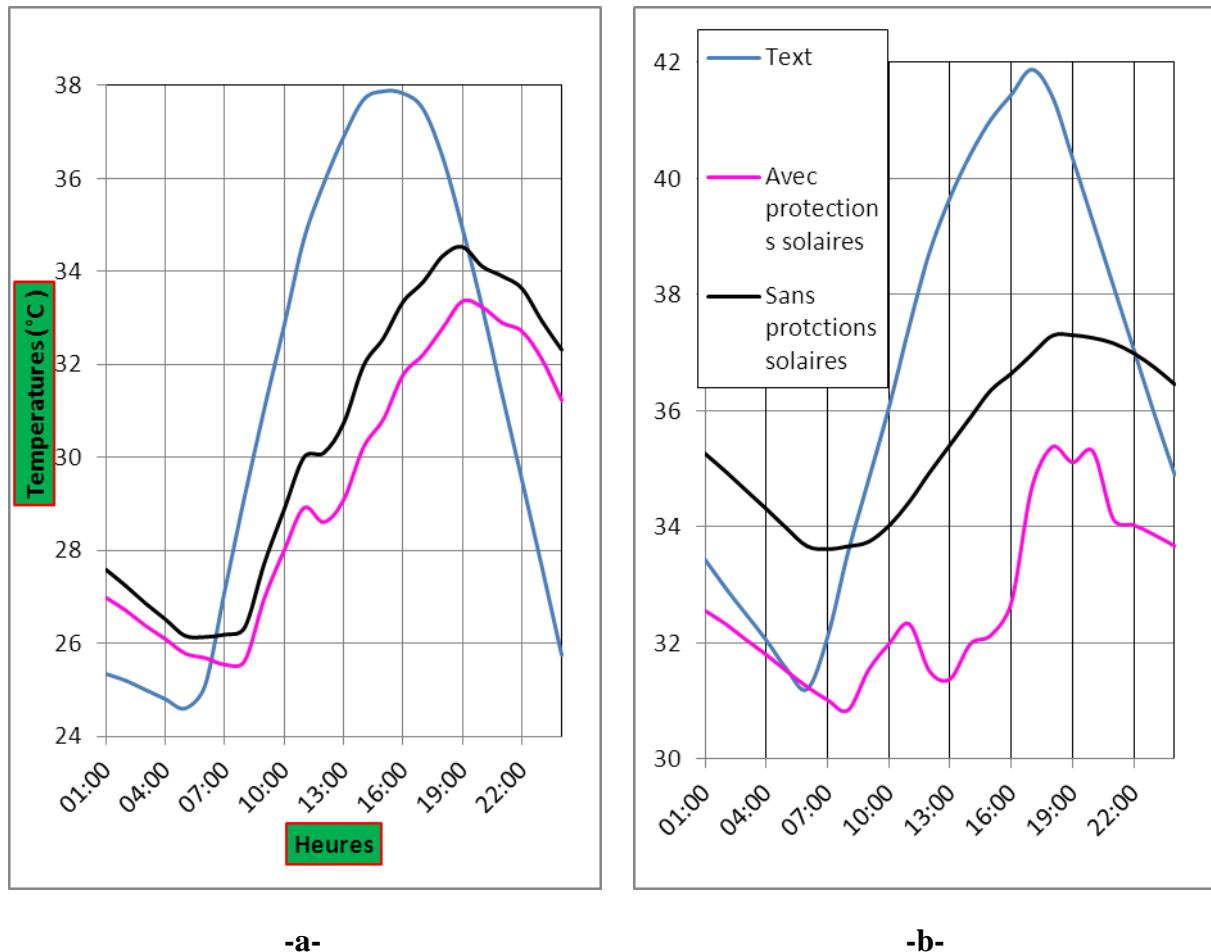


Figure (IV-29) :L'influence horaire des protections solaires sur la température intérieure et leur effets sur la ventilation traversante: -a- climat méditerranéen (Alger) ; -b- climat semi-aride (Bechar).

On voit que les températures sont plus basses en utilisant les protections solaires sur les fenêtres. Nous notons un abaissement max de 4.03°C à Bechar contre 1.65°C à Alger. Ceci est dû au fait qu'en utilisant les protections solaires, on bloque une partie du rayon solaire incident sur la fenêtre. Il ya lieu de noter que ces systèmes semblent donc très efficaces vis-à-vis de la diminution de température sur tout en climat semi-aride, mais peut-être assez peu générateurs de confort vu les variations de température que l'on peut observer. Un couplage avec une autre solution vue précédemment pourrait donc être intéressant.

En outre, ce zoom permet d'observer une courbe inattendue pour un climat semi-aride. On observe un déphasage important et une amplitude de 3 ou 4 degrés avec des variations fréquentes et

peu régulières. Le déphasage observé semble plutôt cohérent avec le fonctionnement de ces masques solaires. La courbe de température avec de la ventilation traversante est également amplifiée par rapport à la courbe de température d'extérieure. La température est cependant plus élevée de quelques degrés par rapport à celle des protections solaires. Ces systèmes permettent donc une réelle baisse des températures, mais ils nécessitent un couplage avec d'autres solutions afin d'atténuer les variations de températures qui ne permettront pas un confort d'été satisfaisant.

IV-3-7 Couplage sur ventilation nocturne+ protections solaires :

Les gains solaires peuvent être des sources de surchauffes dans les bâtiments en saison chaude. Les contrôler permet d'améliorer le confort thermique et d'éviter les surchauffes. L'effet des protections solaires utilisées sous forme de casquettes sur les ouvertures à été analysé avec un système combiné.

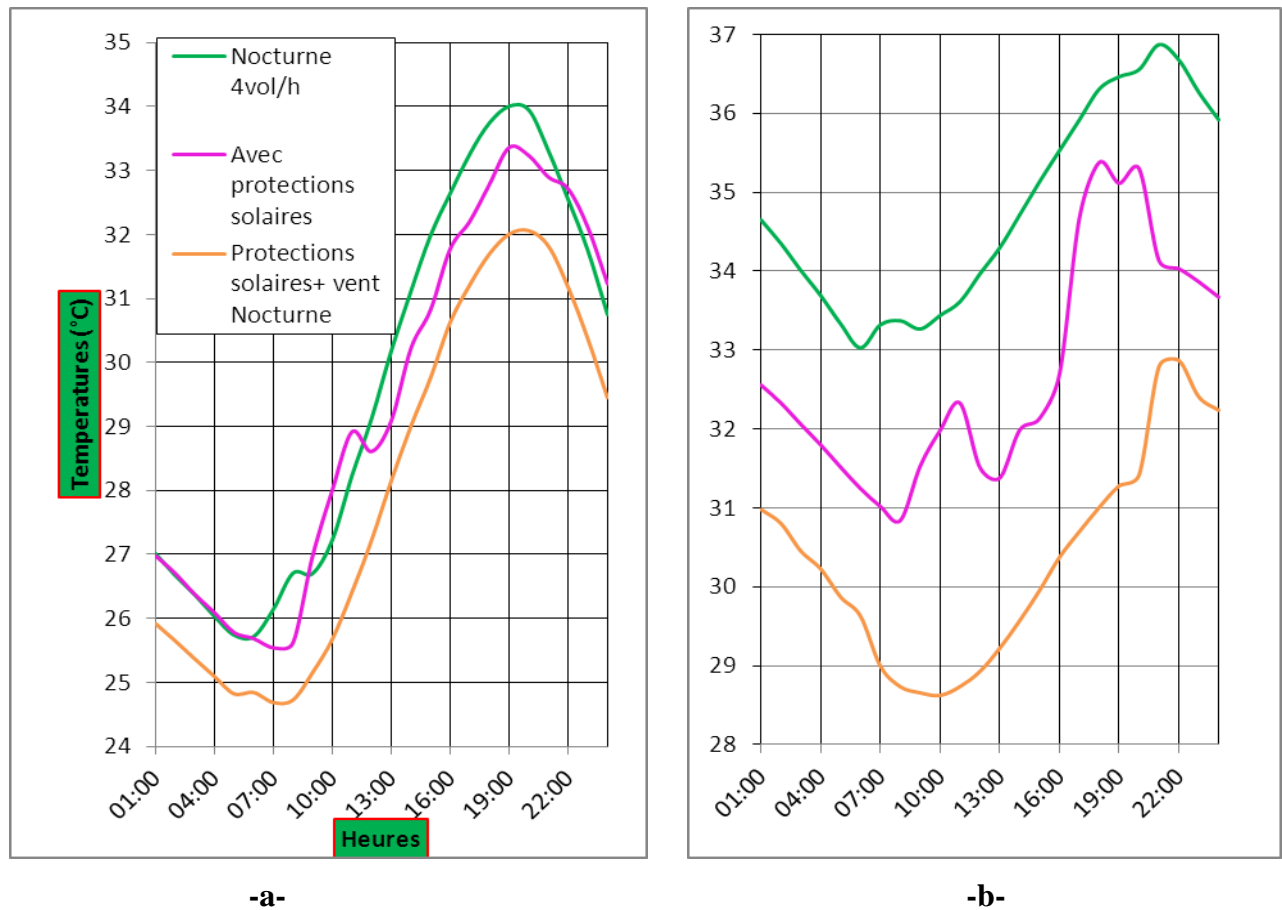


Figure (IV-30) Evolution journalière des températures intérieure pendant le mois le plus chaud de l'année: -a- climat méditerranéen (Alger) ; -b- climat semi-aride (Bechar).

La figure IV-30. Montre qu'en combinant l'utilisation des protections solaires avec la sur ventilation nocturne, le confort intérieur est considérablement amélioré par rapport à l'utilisation seule des protections ou la sur ventilation nocturne. En effet la température intérieure baisse de 36.3°C (avec sur ventilation nocturne) à 31.0°C avec le système combiné, soit un gain de 5.3°C environ à Bechar. Cette baisse n'est que 2.28°C à Alger, valeur tout à fait prévisible puisque les radiations solaires ne sont pas aussi importantes qu'à Bechar. On peut donc avancer que ces systèmes permettent une réelle baisse des températures, mais le confort pourrait être amélioré si on associe ces systèmes à d'autres solutions comme l'augmentation de l'inertie thermique du bâtiment.

Conclusions :

L'analyse thermique avec les différents systèmes a permis de mettre en avant quelques caractéristiques de leur action. Les différents systèmes simulés permettent la diminution de la température maximale.

- La ventilation traversante, ce système permet d'éviter les pics de température pendant la période où la température est très élevée, mais reste un mauvais choix malgré qu'il ait apparus bon en demi-saison.

- La sur ventilation nocturne : Ce système a prouvé son efficacité de rafraîchissement quel que soit le climat, sauf il faut noter que son rendement reste aussi loin d'atteindre le confort recherché.

- L'orientation des ouvrants; d'après tous les systèmes analysés, nous avons noté que l'orientation Nord/sud est la meilleure car il nous permet de récupérer jusqu'à 1.75°C environ.

- La dimension des ouvrants ou bien la surface des fenêtres, plus que ces dernières sont grandes, plus que la température diminue pendant la nuit avec une légère amplification. Par contre pendant le jour, la température à l'intérieur du bâtiment est proportionnelle à la surface des ouvrants avec une amplitude plus grande que celle de la nuit.

- Les protections solaires : sont très efficaces puisqu'elles permettent une réduction des températures intérieures. Elles agissent sur le rayonnement direct en bloquant une partie. Cependant, la température reste élevée quel que soit le système utilisé. On est donc loin d'obtenir des conditions de confort satisfaisantes avec le seul usage de ces systèmes. Des couplages entre les différents systèmes peuvent améliorer considérablement les conditions de confort.

En effet, nous avons couplé la ventilation traversante avec la sur ventilation nocturne, et l'utilisation des protections solaires avec la sur ventilation nocturne.

- Les couplages réalisés ont été de manière générale des améliorations par rapport à l'utilisation de systèmes seuls. L'analyse de ces courbes et graphiques a pu mettre en avant différentes caractéristiques de l'action des systèmes. De manière générale, on a pu dénoter une meilleure efficacité des systèmes couplés. Car les résultats obtenus montrent que ces systèmes pouvaient influencer l'un sur l'autre et que ces couplages étaient plus intéressants, efficaces et représentatifs de l'action qu'ils pouvaient réaliser.

Conclusion générale :

Tout d'abord nous avons vu que la simulation numérique permet de mieux appréhender le comportement énergétique des bâtiments et d'aider à leur conception et à la comparaison des solutions constructives possibles. Les techniques de rafraîchissement sont très sensibles au climat et à l'enveloppe du bâtiment.

Les systèmes passifs simulés ne permettent pas de maintenir une température de consigne en toutes circonstances. Elles permettent surtout de limiter les montés en température dans la journée en maintenant un écart sensible (plusieurs degrés) avec la température extérieure.

En ce qui concerne la performance de rafraîchissement, les systèmes issus d'un même principe de rafraîchissement passif ont des valeurs assez proches. Ce sont les systèmes gérant les apports solaires qui sont les plus performants, suivis des systèmes de ventilation.

Comme nous avons en effet pu le remarquer dans l'analyse, un système qui amortit bien n'atteint pas forcément la température de consigne mais atténue comme même les températures. Nous avons noté les bonnes performances des masques extérieurs et de la sur ventilation nocturne. Le système à ventilation traversante est cependant montré assez décevant. Un couplage leur permettrait peut-être d'améliorer ces performances.

Afin de préciser les premières observations sur l'action des systèmes testés, nous avons mis en place différents couplages. Le but était de voir l'effet combiné de deux systèmes afin de repérer les avantages du système obtenu par rapport à ceux de chaque système indépendamment. Cela permet d'avoir une vision assez globale des systèmes. Ces couplages avaient aussi pour objectif de comprendre plus précisément l'action de chaque système, mais également de constater si certains systèmes en dominent d'autres, dans le sens où la combinaison avec un autre système n'influence que très peu l'action observée.

Un des premiers couplages à tester est l'association des ventilations. Cet élément avait déjà été précisé dès la présentation des systèmes : le couplage semble cohérent avec le principe de chacun de ces systèmes. La ventilation traversante permet en effet un déphasage et un amortissement de la température extérieure. La chaleur emmagasinée pendant la journée est stockée dans la paroi et est évacuée aux heures plus fraîches de la nuit grâce à un apport de fraîcheur avec la mise en place d'une ventilation efficace.

Un deuxième couplage protections solaires avec la sur ventilation nocturne, a prouvé un rôle efficace, qui semblait intéressant au niveau de la limitation des apports solaires et internes. En effet, les systèmes semblent bien complémentaires car si on met en place des protections solaires, les apports de chaleur externes se verront limités. Les apports internes seront cependant toujours

présents et si on ne met pas en place un système pour veiller à les évacuer, le bâtiment isolé dont le comportement se rapproche d'une bouteille thermos va surchauffer de façon importante. J'ai donc d'une part couplé les protections solaires avec de la ventilation, et d'autre part avec une diminution de l'isolation.

Perspectives :

Bien que la température soit un paramètre important à prendre en compte dans l'évaluation des actions des systèmes, il est également nécessaire d'évaluer des critères s'appuyant sur les autres données notamment les besoins de climatisation et le taux de couverture des besoins en rafraîchissement par les systèmes passifs.

Références bibliographiques :

- [1] E.M. GONZALEZ : « Etude de matériaux et des techniques du bâtiment pour la conception architectural, bioclimatique en climat chaud et humide », thèse de doctorat, Ecole des mines Paris 1997.
- [2] GIOVANI.J.I. IZARD : « homme architecture et climat » édition moniteur 1978.
- [3] H. CHIKH-MER, A. TAHAKOURT : utilisation couplée de l'énergie solaire et des matériaux locaux dans le bâtiment » FIER 2002. TETOUAN-MAROC
- [4] P. Blondeau, M. Sperandio, F. Allard, Night ventilation for building cooling in summer, *Soar Energy* 61 (5) 1997.
- [5] M. Santamouris, G. Mihalakakou, A. Argiriou, D. Asimakopoulos, On the efficiency of night ventilation techniques for thermostatically Controlled buildings, *Solar Energy* 56 (6) (1996).
- [6] M. Santamouris, G. Mihalakakou, D. Asimakopoulos, on the coupling of thermostatically controlled buildings with ground and night Ventilation passive dissipation techniques, *Solar Energy* 60 (3–4) (1997).
- [7] M. Kolokotroni, A. Aronis, Cooling-energy reduction in air conditioned offices by using night ventilation, *Applied Energy* 63 (1999)
- [8] B. Givoni, Effectiveness of mass and night ventilation in lowering the indoor daytime temperatures, *Energy and Buildings* 28 (1998).
- [9] S. Herkel, J. Pfafferott, M. Wambsganß, Design, monitoring and evaluation of a low energy office building with passive cooling by night ventilation, Proc. EPIC and AIVC Conference 2002, Lyon.
- [10] A. BOWEN. "passive cooling handbook, AS » edition Athens 1998
- [11] R. BELARBI: F. ALLARD: «étude de faisabilité des systèmes passifs de rafraichissement ». Fier.2002, Tétouan-§MAROC
- [12] Experimental performance of a direct evaporative cooler operating during summer in a Brazilian city
Jose´ Rui Camargo,*, Carlos Daniel Ebinumab, Jose´ Luz Silveirab. Available online 23 May 2005
- [13] C.W. Leung, Forced convection inside horizontal isosceles triangular ducts, IMechE conference transactions, Mechanical Engineering Publications Ltd, London, 1995.
p. 117–121.
- [14] B.A. Halaz, A general mathematical model of evaporative cooling devices, *Rev. Gén. Therm.*, vol. 37, Elsevier, Paris, 1998. p. 245–255.
- [15] J.R. Camargo, S. Cardoso, J.S. Travelho, Condicionamento dear por resfriamento evaporativo, Proceedings of the 9th Congreso Chileno de Ingenieria Mecánica, IV Congreso Nacional de Energia, COCIM-CONAE, Valparaiso, Chile, 2000 [in Portuguese].
- [16] J.R. Camargo, C.D. Ebinuma, A mathematical model for direct and indirect evaporative cooling air conditioning systems, Proceedings of the 9th Brazilian congress of thermal engineering and sciences, 2002 [ENCIT, UFPB, João Pessoa, PB, paper CIT02-0855].

- [17] Y.J. Dai, K. Sumathy, Theoretical study on a cross-flow direct evaporative cooler using honeycomb paper as packing material, *Applied thermal engineering*, Elsevier, Amsterdam, 2002. p. 1417–1430.
- [18] F. Al-Sulaiman, Evaluation of the performance of local fibers in evaporative cooling, *Energy conversion and management*, Elsevier, Amsterdam, 2002. p. 2267–2273.
- [19] J.R. Camargo, C.D. Ebinuma, J.L. Silveira, Thermoeconomic analysis of an evaporative desiccant air conditioning system, *Appl Therm Eng* 23 (2003) 1537–2549.
- [20] J.R. Watt, *Evaporative air conditioning*, The Industrial Press, New York, 1963. p. 300
- [21] BELARBI R. SPERANDION. M & ALLARD. F. (1997). Evaluation des besoins des bâtiments de système de rafraîchissement passif. Application au cas de l'évaporation adiabatique, *revue générale de thermique*, vol.36, pp.547-561.
- [22] M. FOUGERE C. PLATON : » Etude des systèmes passifs de climatisation et application au (Ground-Cooling) maîtrise de G.C.V.option : équipement techniques et énergie-99-00.
- [23] F. LEREU : intégration végétale du bâtiment, contributions environnementales sur une maison. Mémoire de formation continue architecture HQE, école D'architecture de lion 2005.
- [24] M. Santamouris : investigating and analyzing the energy and environmental performance of experimental green roof system installed in a nursery building in Athens. Greece.
- [25] ZUHAIRY. Akram. A and SAYIGH. A.A.M, *Investigating the thermal responses of the contemporary villa type house of Saudi Arabia*, Rapport d'étude, U.K: University of Reading, Whiteknights, Department of Engineering, 1992.
- [26] ALEXANDROFF. George et Jeanne-Marie, *Architectures et climats : soleil et énergies naturelles dans l'habitat*, Paris : Edition Architectures Berger-Levrault 1982, p 216-217.
- [27] GUYOT. Alain, *La microclimatique des villes et les formes urbaines Degrés de pertinence d'une démarche bioclimatique*, Groupe A.B.C école d'architecture, Marseille, 1987, p 48.
- [28] MENDLER. Sandra and ODELL. William, *The HOK Guidebook to Sustainable design*, New York: John Wiley & Sons, 2000, p2.
- [29] BENAOUZ et BELHIRECHE, 1996, In acte du séminaire sur « L'économie de l'énergie pour l'habitat En grand nombre », Alger 18/19 Novembre 1997.
- [30] BUSBY. Peter, *Sustainable design fundamentals for building*, Canada : Bearegard Printers, 2001, p1. Avril 1986, p112.
- [31] ABDOU. S et BOUMAZA. M, *Investigation sur l'intégration climatique dans la maison traditionnelle du Ksar de Ouargla*, *Revue science et technologie*, revue semestrielle de l'université Mentouri: Constantine N°21, 2004.
- [32] SALR. C, *Conception des formes urbaines et contrôle énergétiques*.
- [33] Les cahiers techniques du bâtiment N° 240 Février 2004, p43.
- [34] D'après la Résolution 974 année 1991 relative aux sources d'énergies renouvelables et à l'hydrogène solaire.

[35] CHATEAU. Bertrand et LAPILLONE. Bruno, *La prévision à long terme de la demande de l'énergie – propositions méthodologiques*, Paris: Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, 1977, p30-31

[36] PEUPORTIER. Bruno, *Eco conception des bâtiments. Bâtir en préservant l'environnement*, Paris: Les presses de l'Ecole des Mines, 2003, p 75.

[37] MAILLET. Pierre et CASSETTE CARRY. Martine, *L'énergie*, Série que sais-je? Paris: Presses Universitaires de France, 7ème édition refondue, mai 1989, p17. ENR : Energie non renouvelable.

[38] The ECD Partnership, rapport CCE (DG XII) n° EUR 13094, 1990.

[39] ROSTAND. Edmond, *Les maisons doivent être construites avec le climat*. Extrait de: www.maison-solaire.com (page consultée le 25/02/2004).

[40] Les cahiers techniques du bâtiment, *La RT2005 un défi énergétique à l'échelle de l'Europe*, N°246 Octobre 2004, p7.

[41] TRAISNEL. Jean Pierre (LTMU-CNRS, UMR 7136), *Prospective Energie/Habitat dans l'optique du facteur 4*, Institut français d'urbanisme ETUDE ECODEV-CNRS: HABITAT ET DEVELOPPEMENT DURABLE, ENR 13 mai 2004.

[42] BENAZOUZ et BELHIRECHE, 1996, In acte du séminaire sur « *L'économie de l'énergie pour l'habitat En grand nombre* », Alger 18/19 Novembre 1997.

[43] Ministère de l'énergie, *Bilan énergétique national de l'année 1999/DGE*, 2000, EPE Novembre, 2000.

[44] CHITOUR. Chams Eddine, *L'énergie- Les enjeux de l'an 2000*, Alger : Office des Publications Universitaires OPU, 1991, p 41.

[45] Bulletin des énergies renouvelables N°2 Décembre 2002, p6.

[46] CHATELET. Alain, FERNANDEZ. Pierre et LAVIGNE. Pierre, *Architecture climatique Une contribution au développement durable Tome 2 Concepts et dispositifs*, EDITION EDISUD Aix-en-Provence, 1998, p133

[47] BAHRI. S, GHRAB-MORCOS. N et EHINGER. P, *Utilisation des fonctions de transfert pour déterminer la réponse thermique d'une paroi de forte inertie*, European conférence on energy performance and indoor Climate in buildings, Lyon, November 1994, p132-137.

[48] FRAISSE. G, *La régulation thermique des bâtiments tertiaires: application de la logique floue à la régulation centrale du chauffage en régime intermittent*. Thèse de doctorat : INSA de Lyon. 1997, p 166.

Fichier de données du bâtiment étudié (TRNBUILD)

* TRNBuild 1.0.94

* BUILDING DESCRIPTIONS FILE TRNSYS

* FOR BUILDING: C:\Users\acer\Desktop\telecharger\HamzaNOCT4fendouble INUT ALGER.inf

* GET BY WORKING WITH TRNBuild 1.0 for Windows

*

*-----

* Comments

*-----

*-----

* Project

*-----

*+++ PROJECT

*+++ TITLE=LOGE CORRIGEE

*+++ DESCRIPTION=SYST

*+++ CREATED=TEBAA HAMZA

*+++ ADDRESS=BEJAIA

*+++ CITY=TARGA OUZMOUR

*+++ SWITCH=UNDEFINED

*-----

* Properties

*-----

PROPERTIES

DENSITY=1.204 : CAPACITY=1.012 : HVPOR=2454.0 : SIGMA=2.041e-007 : RTEMP=293.15

*--- alpha calculation -----

KFLOORUP=7.2 : EFLOORUP=0.31 : KFLOORDOWN=3.888 : EFLOORDOWN=0.31

KCEILUP=7.2 : ECEILUP=0.31 : KCEILDOWN=3.888 : ECEILDOWN=0.31

KVERTICAL=5.76 : EVERTICAL=0.3

*

*+++++

TYPES

*+++++

*

*-----

* Layers

*-----

LAYER ENDUITPLATRINT

CONDUCTIVITY= 1.26 : CAPACITY= 0.936 : DENSITY= 900

LAYER BRIQUEPREFORÉE

CONDUCTIVITY= 2.016 : CAPACITY= 0.936 : DENSITY= 900

LAYER LAMEDAIR

CONDUCTIVITY= 0.33 : CAPACITY= 1.23 : DENSITY= 1

LAYER BRIQUEPREFORÉEEX

CONDUCTIVITY= 2.016 : CAPACITY= 0.936 : DENSITY= 900

LAYER ENDUITCIMENTEXT

CONDUCTIVITY= 5.04 : CAPACITY= 1.08 : DENSITY= 2200

LAYER ENDUITPLATRIN

CONDUCTIVITY= 1.26 : CAPACITY= 0.936 : DENSITY= 900

LAYER SABLEGRAVILLONS

CONDUCTIVITY= 4.32 : CAPACITY= 0.792 : DENSITY= 1800

LAYER MORTIERCIMENT

CONDUCTIVITY= 5.04 : CAPACITY= 1.08 : DENSITY= 2200

LAYER CARELAGEGRANITO

CONDUCTIVITY= 7.56 : CAPACITY= 0.936 : DENSITY= 2200

LAYER BETONPLEIN

CONDUCTIVITY= 6.3 : CAPACITY= 1.08 : DENSITY= 2500

LAYER PLANCHERACORCREUX

CONDUCTIVITY= 5.22 : CAPACITY= 1.08 : DENSITY= 1450

*-----

* Inputs

*-----

INPUTS TAMB

*-----

* Schedules

*-----

SCHEDULE SCHEDVNOCT

HOURS =0.000 6.000 20.000 24.0

VALUES=1. 0 1. 1.

*-----

* Walls

*-----

WALL MUREXT01

LAYERS = ENDUITPLATRINT BRIQUEPREFORÉE LAMEDAIR BRIQUEPREFORÉEEX ENDUITCIMENTEXT

THICKNESS= 0.02 0.1 0.05 0.1 0.02

ABS-FRONT= 0.3 : ABS-BACK= 0.6

HFRONT = 11 : HBACK= 64

WALL MUREXT02

LAYERS = ENDUITPLATRIN BRIQUEPREFORÉE LAMEDAIR BRIQUEPREFORÉEEX ENDUITCIMENTEXT

THICKNESS= 0.02 0.1 0.05 0.1 0.02

ABS-FRONT= 0.3 : ABS-BACK= 0.6

HFRONT = 11 : HBACK= 64

WALL MUREXT03

LAYERS = ENDUITPLATRINT BRIQUEPREFORÉE LAMEDAIR BRIQUEPREFORÉEEX ENDUITCIMENTEXT

THICKNESS= 0.02 0.1 0.05 0.1 0.02

ABS-FRONT= 0.3 : ABS-BACK= 0.6

HFRONT = 11 : HBACK= 64

WALL MUREXT04

LAYERS = ENDUITPLATRINT BRIQUEPREFORÉE LAMEDAIR BRIQUEPREFORÉEEX ENDUITCIMENTEXT

THICKNESS= 0.02 0.1 0.05 0.1 0.02

ABS-FRONT= 0.3 : ABS-BACK= 0.6

HFRONT = 11 : HBACK= 64

WALL PLAFONHAUT

LAYERS = ENDUITPLATRINT PLANCHERACORCREUX

THICKNESS= 0.03 0.2

ABS-FRONT= 0.3 : ABS-BACK= 0.6

HFRONT = 11 : HBACK= 64

WALL BOUNDARY

LAYERS = CARELAGEGRANITO MORTIERCIMENT BETONPLEIN SABLEGRAVILLONS

THICKNESS= 0.02 0.02 0.05 0.03

ABS-FRONT= 0.3 : ABS-BACK= 0.6

HFRONT = 11 : HBACK= 0.0009

*-----

* Windows

*-----

WINDOW PORTE

WINID=1001 : HINSIDE=11 : HOUTSIDE=64 : SLOPE=90 : SPACID=1 : WWID=0.8 : WHEIG=1.9 : FFRAME=0.355 : UFRAME=8.17 :
ABSFRAME=0.6 : RISHADE=0 : RESHADE=0 : REFLISHADE=0.5 : REFLOSHADE=0.5 ;

CCISHADE=0.5

WINDOW DOUBLE

WINID=2001 : HINSIDE=11 : HOUTSIDE=64 : SLOPE=90 : SPACID=0 : WWID=0 : WHEIG=0 : FFRAME=0.15 : UFRAME=8.17 :
ABSFRAME=0.6 : RISHADE=0 : RESHADE=0 : REFLISHADE=0.5 : REFLOSHADE=0.1 : CCISHADE=0.5

*-----

* Default Gains

*-----

*-----

* Other Gains

*-----

*-----

* Comfort

*-----

*-----

* Infiltration

*-----

INFILTRATION INFIL001

AIRCHANGE=SCHEDULE 4*SCHEDVNOCT

*-----

* Ventilation

*-----
*-----

* Cooling

*-----
*-----

* Heating

*-----
*
*-----

* Zones

*-----
ZONES EXERCICE01

*-----
* Orientations

*-----
ORIENTATIONS NORTH SOUTH EAST WEST HORIZONTAL

*
*+++++

BUILDING

*+++++
*
*-----

* Zone EXERCICE01 / Airnode EXERCICE01

*-----
ZONE EXERCICE01

AIRNODE EXERCICE01

WALL =MUREXT01 : SURF= 1 : AREA= 6.22 : EXTERNAL : ORI=NORTH : FSKY=0.5

WINDOW=PORTE : SURF= 9 : AREA= 1.26 : EXTERNAL : ORI=NORTH : FSKY=0.5

WINDOW=DOUBLE : SURF= 10 : AREA= 1.52 : EXTERNAL : ORI=NORTH : FSKY=0.5 : GEOSURF=0.05 : ISHADE=0.6 :
ESHAD=0.6

WALL =MUREXT02 : SURF= 3 : AREA= 9 : EXTERNAL : ORI=EAST : FSKY=0.5 : GEOSURF=0.25

WALL =MUREXT03 : SURF= 5 : AREA= 7.48 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.5

WINDOW=DOUBLE : SURF= 2 : AREA= 1.52 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.5 : GEOSURF=0.05

WALL =MUREXT04 : SURF= 6 : AREA= 9 : EXTERNAL : ORI=WEST : FSKY=0.5

WALL =BOUNDARY : SURF= 7 : AREA= 9 : BOUNDARY=INPUT 0.85*TAMB : GEOSURF=0.1

WALL =PLAFONHAUT : SURF= 8 : AREA= 9.3 : EXTERNAL : ORI=HORIZONTAL : FSKY=1

REGIME

INFILTRATION= INFIL001

CAPACITANCE = 32.4 : VOLUME= 27 : TINITIAL= 20 : PHINITIAL= 50 : WCAPR= 0.5

*-----

* Outputs

*-----

OUTPUTS

TRANSFER : TIMEBASE=1.000

AIRNODES = EXERCICE01

NTYPES = 1 : TAIR - air temperature of zone

= 9 : RELHUM - relativ humidity of zone air

= 25 : TOP - operative zone temperature

*-----

* End

*-----

END

_EXTENSION_WINPOOL_START_

WINDOW 4.1 TRNSYS 15 Data File : Multi Band Calculation

Unit System : SI

Name : TRNSYS 15 WINDOW LIB

Desc : Simple

Window ID : 1001

Tilt : 90.0

Glazings : 1

Frame : 1 Al no break 10.790

Spacer : 1 Class1 2.330 -0.010 0.138

Total Height: 1219.2 mm

Total Width : 914.4 mm

Glass Height: 1104.9 mm

Glass Width : 800.1 mm

Mullion : None

| Gap | Thick | Cond | dCond | Vis | dVis | Dens | dDens | Pr | dPr |
|-----|-------|------|-------|-----|------|------|-------|----|-----|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Angle | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | Hemis |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tsol | 0.850 | 0.850 | 0.848 | 0.844 | 0.835 | 0.814 | 0.766 | 0.652 | 0.399 | 0.000 | 0.770 |
| Abs1 | 0.075 | 0.076 | 0.077 | 0.080 | 0.083 | 0.087 | 0.091 | 0.093 | 0.092 | 0.000 | 0.084 |
| Abs2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Abs3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Abs4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Abs5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Abs6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Rfsol | 0.075 | 0.074 | 0.075 | 0.076 | 0.082 | 0.099 | 0.144 | 0.255 | 0.509 | 1.000 | 0.136 |
| Rbsol | 0.075 | 0.074 | 0.075 | 0.076 | 0.082 | 0.099 | 0.144 | 0.255 | 0.509 | 1.000 | 0.136 |
| Tvis | 0.901 | 0.901 | 0.900 | 0.897 | 0.890 | 0.871 | 0.824 | 0.706 | 0.441 | 0.000 | 0.823 |
| Rfvis | 0.081 | 0.081 | 0.082 | 0.083 | 0.090 | 0.108 | 0.155 | 0.271 | 0.536 | 1.000 | 0.146 |
| Rbvis | 0.081 | 0.081 | 0.082 | 0.083 | 0.090 | 0.108 | 0.155 | 0.271 | 0.536 | 1.000 | 0.146 |
| SHGC | 0.870 | 0.870 | 0.868 | 0.865 | 0.857 | 0.837 | 0.790 | 0.677 | 0.423 | 0.000 | 0.792 |
| SC | 0.94 | | | | | | | | | | |
| Layer ID# | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| Tir | 0.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| Emis F | 0.840 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| Emis B | 0.840 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| Thickness(mm) | 2.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| Cond(W/m2-C) | 360.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| Spectral File | None | None | None | None | None | None | | | | | |

Overall and Center of Glass Ig U-values (W/m2-C)

Outdoor Temperature -17.8 C 15.6 C 26.7 C 37.8 C

Solar WdSpd hcout hrout hin

(W/m2) (m/s) (W/m2-C)

0 0.00 12.25 3.43 8.23 5.32 5.32 4.99 4.99 4.98 4.98 5.59 5.59

0 6.71 25.47 3.34 8.30 6.33 6.33 5.79 5.79 5.74 5.74 6.54 6.54

783 0.00 12.25 3.47 8.18 5.30 5.30 4.76 4.76 5.24 5.24 5.70 5.70

783 6.71 25.47 3.37 8.28 6.32 6.32 5.64 5.64 5.96 5.96 6.63 6.63

WINDOW 4.1 TRNSYS 15 Data File : Multi Band Calculation

Unit System : SI

Name : TRNSYS 15 WINDOW LIB

Desc : Double

Window ID : 2001

Tilt : 90.0

Glazings : 2

Frame : 1 Al no break 10.790

Spacer : 1 Class1 2.330 -0.010 0.138

Total Height: 1219.2 mm

Total Width : 914.4 mm

Glass Height: 1104.9 mm

Glass Width : 800.1 mm

Mullion : None

Gap Thick Cond dCond Vis dVis Dens dDens Pr dPr

1 Air 12.7 0.02410 7.600 1.730 10.000 1.290 -0.0044 0.720 0.00180

2 0 0 0 0 0 0 0 0 0

3 0 0 0 0 0 0 0 0 0

4 0 0 0 0 0 0 0 0 0

5 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Angle 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 Hemis

Tsol 0.727 0.726 0.723 0.716 0.702 0.669 0.599 0.455 0.215 0.000 0.623

Abs1 0.080 0.081 0.082 0.085 0.089 0.094 0.101 0.110 0.117 0.000 0.093

Abs2 0.064 0.065 0.066 0.068 0.070 0.071 0.071 0.065 0.049 0.000 0.067

Abs3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Rfsol 0.129 0.129 0.129 0.131 0.140 0.166 0.230 0.370 0.619 1.000 0.208
 Rbsol 0.129 0.129 0.129 0.131 0.140 0.166 0.230 0.370 0.619 1.000 0.208
 Tvis 0.817 0.816 0.815 0.811 0.799 0.768 0.695 0.538 0.273 0.000 0.714
 Rfvis 0.148 0.148 0.148 0.151 0.162 0.191 0.262 0.417 0.682 1.000 0.236
 Rbvis 0.148 0.148 0.148 0.151 0.162 0.191 0.262 0.417 0.682 1.000 0.236
 SHGC 0.777 0.776 0.774 0.769 0.756 0.725 0.656 0.509 0.261 0.000 0.676

SC: 0.86

Layer ID# 1 1 0 0 0 0
 Tir 0.000 0.000 0 0 0 0
 Emis F 0.840 0.840 0 0 0 0
 Emis B 0.840 0.840 0 0 0 0
 Thickness(mm) 2.5 2.5 0 0 0 0
 Cond(W/m2-C) 360.0 360.0 0 0 0 0
 Spectral File None None None None None None

Overall and Center of Glass Ig U-values (W/m2-C)

Outdoor Temperature -17.8 C 15.6 C 26.7 C 37.8 C

Solar WdSpd hcout hrout hin

(W/m2) (m/s) (W/m2-C)

0 0.00 12.25 3.30 7.89 2.59 2.59 2.67 2.67 2.74 2.74 2.97 2.97
 0 6.71 25.47 3.24 7.93 2.80 2.80 2.87 2.87 2.95 2.95 3.21 3.21
 783 0.00 12.25 3.38 7.61 2.61 2.61 2.78 2.78 2.96 2.96 3.10 3.10
 783 6.71 25.47 3.29 7.72 2.83 2.83 2.95 2.95 3.17 3.17 3.33 3.33

*** END OF LIBRARY ***

*WinID Description Design U-Value g-value T-sol Rf-sol T-vis

1001 Simple 2.5 5.74 0.87 0.85 0.075 0.901
 2001 Double 2.5/12.7/2.5 2.95 0.777 0.727 0.129 0.817

_EXTENSION_WINPOOL_END_

***** WALL TRANSFERFUNCTION CALCULATIONS *****

----- WALL TYPE MUREXT01 -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 3.69600 kJ/h m2K; U-Wert= 0.87411 W/m2K

(incl. alpha_i=7.7 W/m^2 K and alpha_o=25 W/m^2 K)

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS

| K | A | B | C | D |
|-----|----------------|---------------|----------------|----------------|
| 0 | 8.3284806E+01 | 1.2615872E-03 | 3.9757747E+01 | 1.0000000E+00 |
| 1 | -1.6612005E+02 | 1.1458013E-01 | -7.0601769E+01 | -1.2290277E+00 |
| 2 | 1.0439278E+02 | 3.2853950E-01 | 3.7474798E+01 | 3.9779429E-01 |
| 3 | -2.1768024E+01 | 1.1418783E-01 | -6.2265625E+00 | -1.6436213E-02 |
| 4 | 7.7877596E-01 | 4.9317924E-03 | 1.6037378E-01 | 1.3691674E-04 |
| 5 | -4.7653861E-03 | 1.8113092E-05 | -1.0675540E-03 | -1.2757317E-08 |
| 6 | 3.9702782E-07 | 2.7013237E-09 | 7.7969301E-08 | |
| SUM | 5.6351896E-01 | 5.6351896E-01 | 5.6351896E-01 | 1.5246725E-01 |

----- WALL TYPE MUREXT02 -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 3.69600 kJ/h m2K; U-Wert= 0.87411 W/m2K

(incl. alpha_i=7.7 W/m^2 K and alpha_o=25 W/m^2 K)

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS

| K | A | B | C | D |
|---|----------------|---------------|----------------|----------------|
| 0 | 8.3284806E+01 | 1.2615872E-03 | 3.9757747E+01 | 1.0000000E+00 |
| 1 | -1.6612005E+02 | 1.1458013E-01 | -7.0601769E+01 | -1.2290277E+00 |

| | | | | |
|-----|----------------|---------------|----------------|----------------|
| 2 | 1.0439278E+02 | 3.2853950E-01 | 3.7474798E+01 | 3.9779429E-01 |
| 3 | -2.1768024E+01 | 1.1418783E-01 | -6.2265625E+00 | -1.6436213E-02 |
| 4 | 7.7877596E-01 | 4.9317924E-03 | 1.6037378E-01 | 1.3691674E-04 |
| 5 | -4.7653861E-03 | 1.8113092E-05 | -1.0675540E-03 | -1.2757317E-08 |
| 6 | 3.9702782E-07 | 2.7013237E-09 | 7.7969301E-08 | |
| SUM | 5.6351896E-01 | 5.6351896E-01 | 5.6351896E-01 | 1.5246725E-01 |

----- WALL TYPE MUREXT03 -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 3.69600 kJ/h m2K; U-Wert= 0.87411 W/m2K

(incl. $\alpha_i=7.7$ W/m² K and $\alpha_o=25$ W/m² K)

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS

| K | A | B | C | D |
|-----|----------------|---------------|----------------|----------------|
| 0 | 8.3284806E+01 | 1.2615872E-03 | 3.9757747E+01 | 1.0000000E+00 |
| 1 | -1.6612005E+02 | 1.1458013E-01 | -7.0601769E+01 | -1.2290277E+00 |
| 2 | 1.0439278E+02 | 3.2853950E-01 | 3.7474798E+01 | 3.9779429E-01 |
| 3 | -2.1768024E+01 | 1.1418783E-01 | -6.2265625E+00 | -1.6436213E-02 |
| 4 | 7.7877596E-01 | 4.9317924E-03 | 1.6037378E-01 | 1.3691674E-04 |
| 5 | -4.7653861E-03 | 1.8113092E-05 | -1.0675540E-03 | -1.2757317E-08 |
| 6 | 3.9702782E-07 | 2.7013237E-09 | 7.7969301E-08 | |
| SUM | 5.6351896E-01 | 5.6351896E-01 | 5.6351896E-01 | 1.5246725E-01 |

----- WALL TYPE MUREXT04 -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 3.69600 kJ/h m2K; U-Wert= 0.87411 W/m2K

(incl. $\alpha_i=7.7$ W/m² K and $\alpha_o=25$ W/m² K)

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS

| K | A | B | C | D |
|-----|----------------|---------------|----------------|----------------|
| 0 | 8.3284806E+01 | 1.2615872E-03 | 3.9757747E+01 | 1.0000000E+00 |
| 1 | -1.6612005E+02 | 1.1458013E-01 | -7.0601769E+01 | -1.2290277E+00 |
| 2 | 1.0439278E+02 | 3.2853950E-01 | 3.7474798E+01 | 3.9779429E-01 |
| 3 | -2.1768024E+01 | 1.1418783E-01 | -6.2265625E+00 | -1.6436213E-02 |
| 4 | 7.7877596E-01 | 4.9317924E-03 | 1.6037378E-01 | 1.3691674E-04 |
| 5 | -4.7653861E-03 | 1.8113092E-05 | -1.0675540E-03 | -1.2757317E-08 |
| 6 | 3.9702782E-07 | 2.7013237E-09 | 7.7969301E-08 | |
| SUM | 5.6351896E-01 | 5.6351896E-01 | 5.6351896E-01 | 1.5246725E-01 |

----- WALL TYPE PLAFONHAUT -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 16.09692 kJ/h m²K; U-Wert= 2.54036 W/m²K

(incl. alpha_i=7.7 W/m² K and alpha_o=25 W/m² K)

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS

| K | A | B | C | D |
|-----|----------------|---------------|----------------|----------------|
| 0 | 1.0202018E+02 | 1.0487994E-01 | 4.2948965E+01 | 1.0000000E+00 |
| 1 | -1.4320435E+02 | 2.1517395E+00 | -5.2057730E+01 | -8.1768893E-01 |
| 2 | 4.8742444E+01 | 2.0580958E+00 | 1.4551831E+01 | 9.6911085E-02 |
| 3 | -3.0858719E+00 | 1.6969449E-01 | -9.6287946E-01 | -5.9082409E-04 |
| 4 | 1.2697314E-02 | 6.9609403E-04 | 4.9188629E-03 | 4.7512577E-08 |
| 5 | -7.8929056E-07 | 5.1034566E-08 | -3.4023087E-07 | |
| SUM | 4.4851059E+00 | 4.4851059E+00 | 4.4851059E+00 | 2.7863137E-01 |

----- WALL TYPE BOUNDARY -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 46.52308 kJ/h m²K; U-Wert= 4.04235 W/m²K

(incl. $\alpha_i=7.7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ and $\alpha_o=25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$)

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS

| K | A | B | C | D |
|-----|----------------|---------------|----------------|----------------|
| 0 | 1.0317557E+02 | 1.1101017E+01 | 1.3543379E+02 | 1.0000000E+00 |
| 1 | -7.2049038E+01 | 2.3290226E+01 | -1.0856179E+02 | -2.2846497E-01 |
| 2 | 4.7761660E+00 | 1.5090178E+00 | 9.0320790E+00 | 1.3944558E-04 |
| 3 | -2.0265208E-03 | 4.0982070E-04 | -3.4153153E-03 | |
| SUM | 3.5900671E+01 | 3.5900671E+01 | 3.5900671E+01 | 7.7167448E-01 |

***** REQUIRED INPUTS *****

| *:InpNR | Label | UNIT | INPUT DESCRIPTION | Old label |
|---------|---------------|----------------------|--|--------------|
| * 1 | TAMB | C | AMBIENT TEMPERATURE | TAMB |
| * 2 | RELHUMAMB | % | RELATIVE AMBIENT HUMIDITY | ARELHUM |
| * 3 | TSKY | C | FIKTIVE SKY TEMPERATURE | TSKY |
| * 4 | IT_NORTH | kJ/hr.m ² | INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION NORTH | ITNORTH |
| * 5 | IT_SOUTH | kJ/hr.m ² | INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH | ITSOUTH |
| * 6 | IT_EAST | kJ/hr.m ² | INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION EAST | ITEAST |
| * 7 | IT_WEST | kJ/hr.m ² | INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION WEST | ITWEST |
| * 8 | IT_HORIZONTAL | kJ/hr.m ² | INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONTAL | ITHORIZONT |
| * 9 | IB_NORTH | kJ/hr.m ² | INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTH | IBNORTH |
| * 10 | IB_SOUTH | kJ/hr.m ² | INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH | IBSOUTH |
| * 11 | IB_EAST | kJ/hr.m ² | INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION EAST | IBEAST |
| * 12 | IB_WEST | kJ/hr.m ² | INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION WEST | IBWEST |
| * 13 | IB_HORIZONTAL | kJ/hr.m ² | INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONTAL | IBHORIZONTAL |

| | | | |
|------------------------|---------|---|--------------|
| * 14 AI_NORTH | degrees | ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTH | AINORTH |
| * 15 AI_SOUTH | degrees | ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTH | AISOUTH |
| * 16 AI_EAST | degrees | ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION EAST | AIEAST |
| * 17 AI_WEST | degrees | ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION WEST | AIWEST |
| * 18 AI_HORIZONTAL | degrees | ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION HORIZONTAL | AIHORIZONTAL |
| * 19 TAMB | any | INPUT | TAMB |

***** DESIRED OUTPUTS *****

| *:OutNr | Label | Unit | ZNr | Zone | SurfNr | OUTPUT DESCRIPTION |
|---------|-----------|------|-----|------|--------|--------------------|
| | old label | | | | | |

| | | | | |
|-------------------------|---|----------------|--|-------------------------|
| * 1 TAIR_EXERCICE01 | C | 1 EXERCICE01 | | air temperature of zone |
| TAIR 1 | | | | |

| | | | | |
|---------------------------|---|----------------|--|------------------------------|
| * 2 RELHUM_EXERCICE01 | % | 1 EXERCICE01 | | relativ humidity of zone air |
| RELHUM 1 | | | | |

| | | | | |
|------------------------|---|----------------|--|----------------------------|
| * 3 TOP_EXERCICE01 | C | 1 EXERCICE01 | | operative room temperature |
| TOP 1 | | | | |

*** THERMAL CONDUCTANCE OF USED WALL TYPES ***

(incl. $\alpha_i=7.7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ and $\alpha_o=25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$)

WALL MUREXT01 U= 0.874 W/m2K

WALL MUREXT02 U= 0.874 W/m2K

WALL MUREXT03 U= 0.874 W/m2K

WALL MUREXT04 U= 0.874 W/m2K

WALL PLAFONHAUT U= 2.540 W/m2K

WALL BOUNDARY U= 4.042 W/m2K

Fichier de données du bâtiment avec son environnement (TRNSTUDIO)

VERSION 16.1

*** TRNSYS input file (deck) generated by TrnsysStudio

*** on dimanche, décembre 16, 2012 at 20:39

*** from TrnsysStudio project: C:\Users\acer\Desktop\BEBLIO\habibaTRVERSANTEMASKS67752.tpf

*** If you edit this file, use the File/Import TRNSYS Input File function in

*** TrnsysStudio to update the project.

*** If you have problems, questions or suggestions please contact your local

*** TRNSYS distributor or <mailto:software@cstb.fr>

*** Units

*** Control cards

* START, STOP and STEP

CONSTANTS 3

START=3000

STOP=5832

STEP=1

* User defined CONSTANTS

SIMULATION START STOP STEP ! Start time End time Time step

TOLERANCES 0.01 0.001 ! Integration Convergence

LIMITS 60 60 60 ! Max iterations Max warnings Trace limit

DFQ 1 ! TRNSYS numerical integration solver method

WIDTH 80 ! TRNSYS output file width, number of characters

LIST ! NOLIST statement

 ! MAP statement

SOLVER 0 1 1 ! Solver statement Minimum relaxation factor Maximum relaxation factor

NAN_CHECK 0 ! Nan DEBUG statement

OVERWRITE_CHECK 0 ! Overwrite DEBUG statement

TIME_REPORT 0 ! disable time report

EQSOLVER 0 ! EQUATION SOLVER statement

* Model "Type109-TMY2" (Type 109)

*

UNIT 5 TYPE 109 Type109-TMY2

*\$UNIT_NAME Type109-TMY2

*\$MODEL .\Weather Data Reading and Processing\Standard Format\TMY2\Type109-TMY2.tmf

*\$POSITION 73 381

*\$LAYER Weather - Data Files #

PARAMETERS 4

2 ! 1 Data Reader Mode

41 ! 2 Logical unit

4 ! 3 Sky model for diffuse radiation

1 ! 4 Tracking mode

INPUTS 9

0,0 ! [unconnected] Ground reflectance

0,0 ! [unconnected] Slope of surface-1

0,0 ! [unconnected] Azimuth of surface-1

0,0 ! [unconnected] Slope of surface-2

0,0 ! [unconnected] Azimuth of surface-2

0,0 ! [unconnected] Slope of surface-3

0,0 ! [unconnected] Azimuth of surface-3

0,0 ! [unconnected] Slope of surface-4

0,0 ! [unconnected] Azimuth of surface-4

*** INITIAL INPUT VALUES

0.2 90 180 90 -90 90 0 90 90

*** External files

ASSIGN "C:\Users\compaq\Desktop\TRNSYS 16\Trnsys16\Weather\Meteonorm\Africa\DZ-Bechar-605710.tm2" 41

* |? Weather data file |1000

*-----

* Model "Type33e" (Type 33)

*

UNIT 6 TYPE 33 Type33e

*\$UNIT_NAME Type33e

*\$MODEL .\Physical Phenomena\Thermodynamic Properties\Psihrometrics\Dry Bulb and Relative Humidity Known\Type33e.tmf

*\$POSITION 65 154

*\$LAYER Main #

PARAMETERS 3

2 ! 1 Psychrometrics mode

1 ! 2 Wet bulb mode

2 ! 3 Error mode

INPUTS 3

5,1 ! Type109-TMY2:Ambient temperature ->Dry bulb temp.

5,2 ! Type109-TMY2:relative humidity ->Percent relative humidity

0,0 ! [unconnected] Pressure

*** INITIAL INPUT VALUES

20 50 1

*-----

* Model "Type69b" (Type 69)

*

UNIT 3 TYPE 69 Type69b

*\$UNIT_NAME Type69b

*\$MODEL .\Physical Phenomena\Sky Temperature\calculate cloudiness factor\Type69b.tmf

*\$POSITION 77 39

*\$LAYER Main #

PARAMETERS 2

0 ! 1 mode for cloudiness factor

100 ! 2 height over sea level

INPUTS 4

5,1 ! Type109-TMY2:Ambient temperature ->Ambient temperature

6,8 ! Type33e:Dew point temperature. ->Dew point temperature at ambient conditions

5,13 ! Type109-TMY2:beam radiation on horitonzal ->Beam radiation on the horizontal

5,14 ! Type109-TMY2:sky diffuse radiation on horizontal ->Diffuse radiation on the horizontal

*** INITIAL INPUT VALUES

0 20 0 0

*-----

* Model "Type56a" (Type 56)

*

UNIT 2 TYPE 56 Type56a

*\$UNIT_NAME Type56a

*\$MODEL .\Loads and Structures\Multi-Zone Building\With Standard Output Files\Type56a.tmf

*\$POSITION 598 146

*\$LAYER Main #

*\$#

PARAMETERS 6

37 ! 1 Logical unit for building description file (.bui)

0 ! 2 Star network calculation switch

0.5 ! 3 Weighting factor for operative temperature

38 ! 4 Logical unit for monthly summary

39 ! 5 Logical unit for hourly temperatures

40 ! 6 Logical unit for hourly loads

INPUTS 19

5,1 ! Type109-TMY2:Ambient temperature -> 1- TAMB

5,2 ! Type109-TMY2:relative humidity -> 2- RELHUMAMB

3,1 ! Type69b:Fictive sky temperature -> 3- TSKY

8,1 ! Type34:Incident receiver radiation -> 4- IT_NORTH

9,1 ! Type34-2:Incident receiver radiation -> 5- IT_SOUTH

5,24 ! Type109-TMY2:total radiation on tilted surface-2 -> 6- IT_EAST

5,36 ! Type109-TMY2:total radiation on tilted surface-4 -> 7- IT_WEST

5,12 ! Type109-TMY2:total radiation on horizontal -> 8- IT_HORIZONTAL

8,2 ! Type34:Beam radiation on receiver -> 9- IB_NORTH

9,2 ! Type34-2:Beam radiation on receiver -> 10- IB_SOUTH

5,25 ! Type109-TMY2:beam radiation on tilted surface-2 -> 11- IB_EAST

5,37 ! Type109-TMY2:beam radiation on tilted surface-4 -> 12- IB_WEST

5,13 ! Type109-TMY2:beam radiation on horizontal -> 13- IB_HORIZONTAL

8,12 ! Type34:Angle of incidence -> 14- AI_NORTH

9,12 ! Type34-2:Angle of incidence -> 15- AI_SOUTH

5,28 ! Type109-TMY2:angle of incidence for tilted surface -2 -> 16- AI_EAST

5,40 ! Type109-TMY2:angle of incidence for tilted surface -4 -> 17- AI_WEST

5,16 ! Type109-TMY2:angle of incidence on horizontal surface -> 18- AI_HORIZONTAL

0,0 ! [unconnected] 19- TAMB

*** INITIAL INPUT VALUES

10 50 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

*** External files

ASSIGN "C:\Users\acer\Desktop\telecharger\HamzaNOCT4fendouble INUT ALGER.bui" 37

|? Building description file (.bui) |1000

ASSIGN "R1" 38

*|? Monthly Summary File |1000

ASSIGN "R2" 39

*|? Hourly Temperatures |1000

ASSIGN "R3" 40

*|? Hourly Loads |1000

*-----

* Model "Type28b" (Type 28)

*

UNIT 7 TYPE 28 Type28b

*\$UNIT_NAME Type28b

*\$MODEL .\Output\Simulation Summary\Results to External File\Without Energy Balance\Type28b.tmf

*\$POSITION 855 338

*\$LAYER Outputs #

PARAMETERS 21

- 1 ! 1 Summary interval
- 4800 ! 2 Summary start time
- 5040 ! 3 Summary stop time
- 42 ! 4 Logical unit for the output file
- 2 ! 5 Output mode
- 0 ! 6 Operation code-1
- 2 ! 7 Operation code-2
- 2 ! 8 Operation code-3
- 4 ! 9 Operation code-4
- 0 ! 10 Operation code-5
- 2 ! 11 Operation code-6
- 2 ! 12 Operation code-7
- 4 ! 13 Operation code-8
- 0 ! 14 Operation code-9
- 2 ! 15 Operation code-10
- 2 ! 16 Operation code-11
- 4 ! 17 Operation code-12
- 0 ! 18 Operation code-13
- 2 ! 19 Operation code-14
- 2 ! 20 Operation code-15
- 4 ! 21 Operation code-16

INPUTS 4

5,1 ! Type109-TMY2:Ambient temperature ->Summary input-1
2,1 ! Type56a: 1- TAIR_EXERCICE01 ->Summary input-2
2,2 ! Type56a: 2- RELHUM_EXERCICE01 ->Summary input-3
5,2 ! Type109-TMY2:relative humidity ->Summary input-4

*** INITIAL INPUT VALUES

0 0 0 0

LABELS 4

Text Tint HRint HRExt

*** External files

ASSIGN "R123" 42

*|? File for the summary results |1000

*-----

* Model "Type34" (Type 34)

*

UNIT 8 TYPE 34 Type34

*\$UNIT_NAME Type34

*\$MODEL .\Loads and Structures\Overhang and Wingwall Shading\Type34.tmf

*\$POSITION 553 413

*\$LAYER Main #

PARAMETERS 16

0 ! 1 Upstream component mode
1 ! 2 Receiver height
1 ! 3 Receiver width
1 ! 4 Overhang projection
0 ! 5 Overhang gap
0.5 ! 6 Overhang left extension
0.5 ! 7 Overhang right extension
0 ! 8 Left wingwall projection
0 ! 9 Left wingwall gap

0 ! 10 Left wingwall top extension
0 ! 11 Left wingwall bottom extension
0 ! 12 Right wingwall projection
0 ! 13 Right wingwall gap
0 ! 14 Right wingwall top extension
0 ! 15 Right wingwall bottom extension
180 ! 16 Receiver azimuth

INPUTS 7

5,10 ! Type109-TMY2:solar zenith angle ->Solar zenith angle
5,11 ! Type109-TMY2:solar azimuth angle ->Solar azimuth angle
10,11 ! Type67:Shaded total rad. on horiz. for mask-1 ->Total horizontal radiation
10,10 ! Type67:Shaded diffuse rad. on horiz. for mask-1 ->Horizontal diffuse radiation
10,3 ! Type67:Shaded beam rad. for surf.-1 ->Beam radiation on surface
0,0 ! [unconnected] Ground reflectance
5,22 ! Type109-TMY2:angle of incidence for tilted surface -1 ->Incidence angle of direct radiation

*** INITIAL INPUT VALUES

45 0 0 0 0 0.2 0

*-----

* Model "Type34-2" (Type 34)

*

UNIT 9 TYPE 34 Type34-2

*\$UNIT_NAME Type34-2

*\$MODEL .\Loads and Structures\Overhang and Wingwall Shading\Type34.tmf

*\$POSITION 248 349

*\$LAYER Main #

PARAMETERS 16

0 ! 1 Upstream component mode
1 ! 2 Receiver height
1 ! 3 Receiver width
1 ! 4 Overhang projection

0 ! 5 Overhang gap
0.5 ! 6 Overhang left extension
0.5 ! 7 Overhang right extension
0 ! 8 Left wingwall projection
0 ! 9 Left wingwall gap
0 ! 10 Left wingwall top extension
0 ! 11 Left wingwall bottom extension
0 ! 12 Right wingwall projection
0 ! 13 Right wingwall gap
0 ! 14 Right wingwall top extension
0 ! 15 Right wingwall bottom extension
0 ! 16 Receiver azimuth

INPUTS 7

5,10 ! Type109-TMY2:solar zenith angle ->Solar zenith angle
5,11 ! Type109-TMY2:solar azimuth angle ->Solar azimuth angle
10,21 ! Type67:Shaded total rad. on horiz. for mask-2 ->Total horizontal radiation
10,20 ! Type67:Shaded diffuse rad. on horiz. for mask-2 ->Horizontal diffuse radiation
10,13 ! Type67:Shaded beam rad. for surf.-2 ->Beam radiation on surface
0,0 ! [unconnected] Ground reflectance
5,34 ! Type109-TMY2:angle of incidence for tilted surface -3 ->Incidence angle of direct radiation

*** INITIAL INPUT VALUES

45 0 0 0 0 0.2 0

*-----

* Model "Type67" (Type 67)

*

UNIT 10 TYPE 67 Type67

*\$UNIT_NAME Type67

*\$MODEL .\Physical Phenomena\Shading Masks\Shading on opening and horizontal\Type67.tmf

*\$POSITION 233 89

*\$LAYER Main #

PARAMETERS 3

- 43 ! 1 Logical unit for data file
- 2 ! 2 Number of openings in file
- 16 ! 3 Number of surface angles

INPUTS 8

- 5,11 ! Type109-TMY2:solar azimuth angle ->Solar azimuth angle
- 5,10 ! Type109-TMY2:solar zenith angle ->Solar zenith angle
- 5,12 ! Type109-TMY2:total radiation on horizontal ->Total radiation on horizontal
- 5,14 ! Type109-TMY2:sky diffuse radiation on horizontal ->Diffuse radiation on horizontal
- 5,19 ! Type109-TMY2:beam radiation on tilted surface-1 ->Beam radiation for opening-1
- 5,20 ! Type109-TMY2:sky diffuse radiation on tilted surface-1 ->Diffuse radiation for opening-1
- 5,31 ! Type109-TMY2:beam radiation on tilted surface-3 ->Beam radiation for opening-2
- 5,32 ! Type109-TMY2:sky diffuse radiation on tilted surface-3 ->Diffuse radiation for opening-2

*** INITIAL INPUT VALUES

-90 90 0 0 0 0 0 0

*** External files

ASSIGN "C:\Users\compaq\Desktop\TRNSYS 16\Trnsys16_1\Examples\Data Files\Type68-ShadingMasks-8-Orientations.dat" 43

*|? Which file contains the angular obstruction data? |1000

*-----

END