

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOHAMED KHIDER DE BISKRA  
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE



N° d'ordre.....

Série.....

## MEMOIRE

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTERE  
OPTION : ARCHITECTURE, FORMES, AMBIANCES  
ET DEVELOPPEMENT DURABLE

Présenté par : M<sup>elle</sup> BOULFANI WARDA

THEME :

LES AMBIANCES THERMIQUES D'ETE DANS  
L'HABITAT DE LA PERIODE COLONIALE A PATIO  
-Cas d'étude : maisons à patio (Jijel)-

Sous la direction du Dr : SAFFIDINE Djamila

Jury d'examen :

Président :	Pr. MAZOUZ. S	Prof	Université de Biskra
Examineur :	Dr. ZEMMOURI. A	M.C	Université de Biskra
Examineur :	Dr. BELAKEHAL. A	M.C	Université de Biskra
Rapporteur :	Dr. SAFFIDINE. D	M.C	Université de Constantine

Soutenue le / /2010

# *Climat et microclimat urbain*

*Le climat influence la vie sur terre- celle de la faune et celle de la flore – et, à plus long terme, modèle les reliefs terrestres. Le froid, la chaleur, la pluie, la sécheresse, le vent conditionnent les rythmes de vie des hommes, déterminant la nourriture, la façon de se vêtir, l’habitat et les déplacements de chacun sur la planète »<sup>1</sup>. Chémery Laure*

## **Introduction :**

Comprendre le climat et ses échelles (spatio-temporelles) contribue en une bonne maîtrise de la notion du confort et le comportement des individus vis à vis aux facteurs climatiques, aussi « *Le climat a une grande influence sur la santé et la longévité de l’homme* »<sup>2</sup>. De nos jours, la préoccupation de l’homme est comment s’abriter intelligemment aux fluctuations climatiques. De ce fait, la tendance est s’orienter vers l’architecture bioclimatique, où il est question de "construire avec le climat".

Les éléments du climat conditionnent les rythmes de vie des hommes : déterminant la façon de se vêtir, les déplacements, et même le régime alimentaire ... mais aussi ces paramètres climatiques influent sur le bâtiment : la forme de l’enveloppe, l’organisation spatiale, la disposition des bâtiments...Connaître, comprendre, le climat est donc un enjeu majeur dans le domaine bioclimatique.

Ce chapitre, concernera la compréhension du climat en analysant ses typologies à travers le monde et en Algérie. Ensuite, il sera exposé les facteurs climatiques déterminants le climat et la caractérisation du microclimat urbain.

---

<sup>1</sup> Chémery Laure, Petit atlas des climats, 2006, p : 7

<sup>2</sup> Huttington, 1924, cités par Mazouz, 2007

## **I.1- Quelques définitions préliminaires :**

### **I.1.1- Climat :**

Il peut-être défini comme :

1<sup>er</sup>/ « Le mot climat vient du grec *klima*, qui fait référence à l'inclinaison des rayons solaires par rapport à la surface de la terre »<sup>3</sup>.

2<sup>ème</sup>/ « Combinaison des états de l'atmosphère (température, vent...) en un lieu donné et sur une période définie (mois, année, millénaire) »<sup>4</sup>.

3<sup>ème</sup>/ « le climat d'une région donnée est déterminé par des régimes de variations de plusieurs éléments et par leurs combinaisons. Les principaux éléments climatiques à considérer, lors de la conception des bâtiments, sont le rayonnement solaire, le rayonnement de grande longueur d'onde du ciel, la température d'air, l'humidité, le vent et les précipitations »<sup>5</sup>.

### **I.1.2- Climatologie :**

1<sup>er</sup>/ « Climatologie, science pluridisciplinaire chargée d'analyser les processus climatiques et leurs fluctuations passées, afin de prévoir les potentiels changements futurs »<sup>6</sup>.

2<sup>ème</sup>/ « Science ayant pour objectif la description, le classement et l'exposition de la répartition et de l'histoire des différents types de climats »<sup>7</sup>.

## **I.2- Les facteurs climatiques :**

La combinaison de divers paramètres tels que : les radiations solaires, la température et l'humidité de l'air, les vents, les précipitations constituent le climat d'un lieu. Ces éléments sont mesurables à l'aide des instruments de mesure, et l'analyse de leurs valeurs permet d'évaluer la nature et la qualité du climat.

L'importance de ces paramètres se révèle surtout dans la phase amont de conception et même pour des projets de réhabilitations. L'ensemble de ces facteurs climatiques à considérer peuvent être classés en trois différentes catégories :

- les facteurs énergétiques : rayonnement solaire, lumière et température
- les facteurs hydrologiques : précipitations et hygrométrie
- les facteurs mécaniques : mouvement d'air soit les vents

---

<sup>3</sup> Microsoft Encarta 2009

<sup>4</sup> Chémery Laure, Petit atlas des climats, 2006, p : 121

<sup>5</sup> GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur; Paris, 1978, p : 21

<sup>6</sup> Microsoft Encarta 2009

<sup>7</sup> Chémery Laure, Petit atlas des climats, 2006, p : 121

## I.2.1- Les facteurs énergétiques :

### I.2.1.1- Rayonnement solaire :

Le rayonnement solaire est une radiation électromagnétique émise par le soleil exprimée en Wh/m<sup>2</sup>. La quantité du rayonnement disponible sur le sol dans un lieu donné dépend de :

- L'altitude du lieu
- La saison et de l'heure de la journée.
- La qualité du ciel (ciel clair, semi couvert ou bien couvert).
- La pureté de l'air, le bioxyde de carbone et de la vapeur d'eau.
- Le vent

Le rayonnement reçu au sol se décompose en : rayonnement direct, diffus et réfléchi.

-Rayonnement direct : Se sont des rayons parallèles, qui viennent directement du soleil, plus au moins atténués (par absorption ou par diffusion).

-Rayonnement diffus : ce rayonnement provient de manière non isotrope, de toutes les directions de l'espace. Une partie du rayonnement diffusée est renvoyée vers l'espace, le reste est transmis jusqu'au sol.

-Rayonnement réfléchi : ou albédo qui provient de la réflexion du rayonnement (direct+ diffus) sur l'environnement.

### I.2.1.2- Lumière :

Le soleil source de toute énergie lumineuse et thermique, nous approvisionne en éclairage naturel et en chaleur. Le spectre électromagnétique solaire se compose de plusieurs ondes.

Parmi les plus sensibles par l'homme sont le spectre lumineux et le spectre thermique.

Il y a deux sources lumineuses : directe et indirecte.

- ↻ La première englobe : l'ensoleillement direct et la lumière qui provient directement du ciel (lumière du ciel).
- ↻ La deuxième comprend : toutes les composantes réfléchies par des surfaces illuminées par des sources primaires ou des sources secondaires.

**I.2.1.3-Température de l'air :** la température est une grandeur physique mesurable à l'aide d'un thermomètre, et qui dépend de : l'ensoleillement, le vent, l'altitude et la nature de sol. Les stations météorologiques fournissent des relevés horaires des températures de l'air, sous abri naturellement ventilé (à l'ombre) à 1,5 m du sol. Elle est mesurée en degré Celsius ou en Kelvin. Pour tracer la courbe d'évolution annuelle des températures en un lieu, on aura besoin des températures moyennes mensuelles.

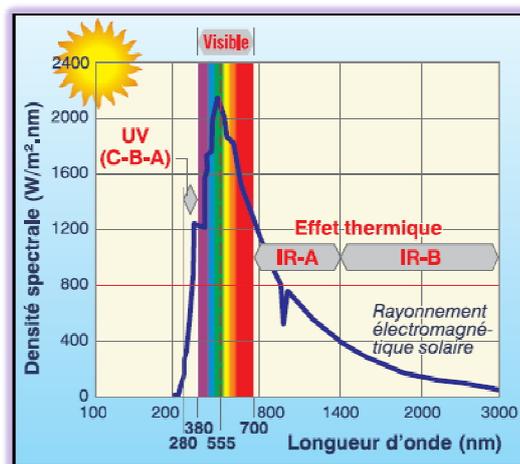


Figure-I.1: Le spectre solaire

Source : De Herde A, Liebard A, 2005

## **I.2.2- Les facteurs hydrologiques :**

### **I.2.2.1- Les précipitations :**

La terre compte environ 1,4 milliard de km<sup>3</sup> d'eau, dont 97% dans les océans, 2,59% sous forme de neige et un pourcentage minimal de 0,014% est accessible aux êtres vivants.

Le moyen des tempêtes sur la surface de la terre est de 1 mètre cube d'eau/1m<sup>2</sup>, ce moyen ce varie d'une région à une autre (dans les régions équatoriales atteint un chiffre de 2 à 3 mètres cubes, et les régions désertiques ne dépassent pas quelques centimètres cubes<sup>8</sup>).

### **I.2.2.2- L'humidité relative :**

L'humidité relative (HR) est le rapport entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la quantité d'eau que l'air saturé peut contenir à une température donnée.

Les stations métrologiques effectuent des relevés de l'humidité relative moyenne et son évolution journalière, à l'aide de ces données on peut calculer l'humidité relative moyenne mensuelle pour tracer la courbe d'évolution annuelle de l'humidité relative d'une région.

## **I.2.3- Les facteurs mécaniques :**

### **I.2.3.1- Les vents :**

Le vent est un déplacement généralement horizontal d'air, d'une région de haute pression vers une autre de basse pression, il se caractérise par trois paramètres : sa vitesse, sa direction et sa fréquence. Ces derniers sont représentés sur un même diagramme qui s'appelle "rose des vents". Pour le concepteur des bâtiments, il ne faut pas prendre en considération uniquement une rose des vents annuelle, mais on compte tenu des roses des vents saisonnière et même mensuelles car le régime des vents est très variable.

Tout concepteur a besoin de connaître le climat à travers des données maximales et minimales de tous les paramètres cités-ci-dessus parce que ces données peuvent varier d'une journée à une autre ou d'une année à une autre ; donc la compréhension profonde de ce complexe constitue un élément clé dans le domaine du confort et de la conception architecturale.

## **I.3- Les échelles du climat :**

« Entre le climat à la surface d'une feuille d'arbre ou celui à l'échelle d'un pays ou d'un continent ...les différences sont importantes »<sup>9</sup>. Selon L.Chémery le climat est communément bordé de quatre échelles spatiales, emboîtées les uns dans les autres, les plus petites dépendent des plus grandes, qui sont :

<sup>8</sup> De Herde André, Liébard Alain, Traité d'Architecture et d'urbanisme bioclimatiques: concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, Editions du Moniteur, Paris, France, 2005. P : 17

<sup>9</sup> Chémery Laure, Petit atlas des climats, 2006, p : 11

**I.3.1- Macroclimat (global) :** Correspondent à de vastes espaces géographiques de plusieurs millions à plusieurs dizaines de million de kilomètres. Exemple : le climat tempéré

Les éléments qui influent sur le climat global :

- Les facteurs astronomiques
- La circulation astronomique
- Les facteurs géographiques (océan, chaîne de montagne)

A ce propos, Vinet a dit : « *Les caractéristiques astronomiques de la terre entraînent les principales variations climatiques, selon la latitude, la saison et les pondérations liées à la répartition des océans et des continents* »<sup>10</sup>

### **I.3.2- Mésoclimat : climat régional**

Concerne un espace plus petit que le macroclimat, il s'agit de quelque milliers à quelques dizaines de milliers de kilomètres, le climat régional dépend de :

- Caractéristiques géographiques (lac, mer, végétation...)
- Mouvement de l'atmosphère

### **I.3.3- Topoclimat : climat local**

S'applique à des espaces de l'ordre du kilomètre ou de dizaines de kilomètres.

A cette échelle, le type de climat régional, le relief, la nature du sol, les étendues aquatiques (océan, lacs ...) jouent un rôle important et influent sur les phénomènes de vents, d'humidité et d'écart de température. De ce fait, le climat dans une forêt est relativement différent par rapport au bord d'une vallée située dans la même forêt.

### **I.3.4- Microclimat :**

Concerne des espaces de quelques centimètres à quelques dizaines de mètre.

La rugosité, les ombres portées, la végétation, les masques architecturaux... influent sur les caractéristiques générales de l'ensoleillement, de mouvement de l'air, de la température et de l'humidité, elles agissent donc sur les bilans : radiatif, convectif, et évaporatif.

Climats	Dimensions approximatives		
	Echelle Horizontale (Kms)	Echelle Verticale (Kms)	Echelle Temporelle
Global ou Macro climat	2000	3 à 10	1 à 6mois
Régional ou Mésoclimat	500 à 1000	1à10	1 à 6mois
Local (Topo) climat	1à10	0.01à0.1	1mois à 24hrs.
Microclimat	0.1	0.01	24hrs.

**Tableau-I.1 : Différentes Catégories de climat et leurs caractéristiques spacio – temporelles**

Source : cour magistère, 2007

<sup>10</sup> Vinet Jérôme, Contribution à la modélisation thermo-aéraulique du microclimat urbain. Caractérisation de l'impact de l'eau et de la végétation sur les conditions de confort en espaces extérieurs, thèse de doctorat, 2000, p.25

#### I.4- Les différents climats existants dans le monde :

Le climat est un phénomène physique, composé de plusieurs paramètres corrélés entre eux. Les études des climatologues et les géographes sur le climat servent à représenter le climat et le rendre matériel (donner des chiffres aux facteurs : vent, la température, ...)

Organiser, synthétiser l'ensemble complexe selon les données observées, les objectifs visés, les méthodes utilisées : c'est la classification des climats. Le climat mondial se compose de plusieurs zones climatiques, ces dernières se varient selon la proximité aux : océans, continents, chaînes de montagnes... Il existe plusieurs classifications des climats parmi la plus célèbre est celle du Köppen, Geiger, Trewartha.

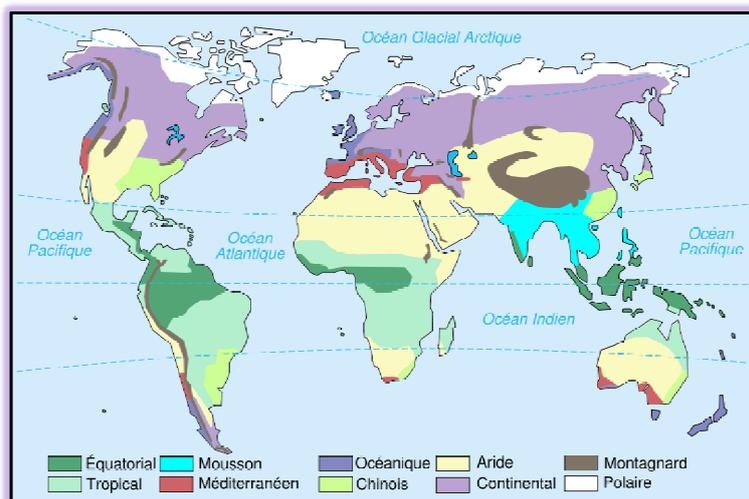


Figure-I.2: les zones climatiques dans le monde.

Source : [www.wikipédia.org](http://www.wikipédia.org)

##### I.4.1- Climat équatorial :

Il se caractérise par une seule saison (chaud et humide toute l'année), en générale ce climat se développe à proximité de l'équateur, mais aussi jusqu'à 10 à 20° de latitude, en Amérique centrale, en Amazonie, aux Antilles, en Indochine ou aux Philippines.

Les principales données caractérisant ce climat :

- Les températures varient de 22 à 32°C avec une moyenne annuelle de l'ordre de 26°C, l'amplitude thermique annuelle est faible de 1 à 6 °C. L'humidité est toujours élevée (supérieur de 75%).
- Les pluies sont réparties uniformément tout au long de l'année, le moyen annuel est environ 2500mm/an, les précipitations sont presque quotidiennes dont le maximum d'intensité est aux équinoxes,
- Les vents sont faibles à dominante est sauf quelques tornades ou typhons liés à de faibles pressions locales.

## **I.4.2- Climat tropical :**

Il s'observe dans toute la zone intertropicale, qui se caractérise par l'absence de saison hivernale et la présence d'une ou deux saisons humides entre lesquelles s'intercalent une ou deux saisons sèches. La température moyenne de chaque mois de l'année est  $> 18^{\circ}\text{C}$ , la moyenne du mois le plus froid est supérieure à  $18^{\circ}\text{C}$ .

Des précipitations annuelles n'excèdent pas 450 mm.

On peut distinguer plusieurs types de climat tropical, tel que : climat tropical de mousson, climat tropical de savane, climat tropical humide

### **I.4.2.1- Climat tropical de mousson :**

Exactement à ce que sa dénomination peut faire croire, la mousson est le nom d'un système de vents périodiques dans les régions tropicales, actif particulièrement dans l'océan Indien et le Sud de l'Asie. De ce fait, les climats de mousson règnent dans la zone intertropicale se caractérisent par deux saisons : une longue saison chaude et sèche, et une courte saison chaude et humide. Dans la longue période la température de l'air se limite entre  $32$  à  $43^{\circ}\text{C}$  le jour, et  $21$  à  $27^{\circ}\text{C}$  la nuit, alors que dans la courte saison la température de l'air varie entre  $27$  à  $32^{\circ}\text{C}$  le jour, et  $24$  à  $27^{\circ}\text{C}$  la nuit, en générale l'amplitude thermique jour/nuit est faible.

Les vents sont forts et continus, qui soufflent du sud-ouest pendant six mois et du nord-est pendant l'autre semestre. Les précipitations peuvent atteindre 200 à 250 mm pour le mois le plus pluvieux. L'humidité relative est faible, sauf en saison humide, elle peut atteindre de 55 à 95%.

### **I.4.2.2- Climat tropical de Savane :**

Le climat tropical de savane est un climat tropical sec dont les moyennes mensuelles de température sont au-dessus de  $18^{\circ}\text{C}$  tous les mois de l'année et qui possède une saison sèche prononcée. Les mois les plus secs ayant moins de 60mm de précipitations.

### **I.4.2.3- Climat tropical humide :**

On trouve ce type de climat de part et d'autre de l'équateur, entre  $15$  à  $25$  degrés de latitude nord et sud. Ce climat connaît deux saisons distinctes, avec les caractéristiques suivantes :

- La saison humide (des pluies) et la saison sèche.
- La température mensuelle moyenne est au dessus de  $18^{\circ}\text{C}$  sur toute l'année.
- Les cumuls annuels sont compris entre 800 à 1500 mm par an.

Les vents ont une direction nord-est au sud-ouest dans l'hémisphère nord et une allure sud-ouest au nord-est dans l'hémisphère sud.

**I.4.3- Climat aride :**

Se développe au nord et sud de l'équateur entre 15 et 30° de latitudes, se caractérise par deux saisons : une saison chaude et un autre froide. La différence de température entre la nuit et le jour est très importante, et également des radiations solaires aussi.

- Les précipitations sont rares et irrégulières, elles varient de 50 à 250 mm, réparties sur quelques semaines.
- L'humidité relative est faible et évolue de 10 à 45%
- Les vents sont chauds et violents à dominante -Ouest-

**I.4.4- Climat tempéré :**

On distingue en général plusieurs climats dans la zone tempérée, située entre 30 et 50 ° de latitude dans l'hémisphère nord et sud.

Ce type de climat est caractérisé par des saisons bien marquées : des hivers humides et pluvieux, des étés chauds et humides. Les températures sont rarement extrêmes. Les précipitations sont très importants (11 m total annuel à Cherrapunji). Les vents les plus puissants peuvent atteindre la valeur de 500k/m.

Ce type comprend des sous-types : comme le climat méditerranéen.

**I.4.4.1- Climat méditerranéen :**

Les régions à climat méditerranéen occupent une position intermédiaire entre les dépressions tempérées et les anticyclones subtropicaux, elles s'étendent des latitudes 30 à 40 ° au nord de l'équateur. Cette zone connaît deux saisons :

En hiver : le bassin méditerranéen est influencé par des masses d'air d'origine polaire où :

- ☛ Les températures moyennes maximales diurnes varient de 8 à 21°C et les températures moyennes minimales nocturnes atteignent 0 à 18°C.
- ☛ Les précipitations ont une faible fréquence (moins de 100 jours par an) mais intensives.
- ☛ L'humidité relative est entre 60 à 70%.
- ☛ Les vents locaux, liés à la présence de couloirs et de reliefs montagneux, sont nombreux, variables et assez violents.

En été, les températures moyennes maximales sont de 25 à 38°C le jour et de 16 à 30°C la nuit. L'humidité relative est élevée pendant l'hiver et l'été, de 70 à 80%.

**I.4.5- Climat Continental (climat tempéré froid) :**

Se rencontre dans les moyennes et hautes latitudes de l'hémisphère nord, ce climat continental est un climat qui concerne les régions éloignées du littoral, se caractérise par un hiver froid et marqué, été chaud. La température moyenne pendant trois à quatre mois de l'hiver est très basse, avec des pointes à -30 ou - 40°C, par contre entre juin et août, la

température atteint ou dépasse 20 °C. De ce fait, les amplitudes thermiques annuelles sont accentuées, entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud, c'est presque le double.

Les précipitations sont relativement peu abondantes.

#### **I.4.6- Climat polaire :**

Ce climat est caractéristique des côtes nord de l'Amérique, de l'Europe et de l'Asie, ainsi que du Groenland, de l'Arctique et de l'Antarctique.

Le climat polaire connaît deux saisons, neuf mois d'un hiver très froid et glacial et trois mois d'un bref été très frais. En générale, ce climat se caractérise par des températures froides toute l'année, le mois le plus froid étant toujours au dessous de -40° C, et les températures moyennes du mois le plus chaud ne sont jamais supérieures à 10 °C.

Le froid de ces régions s'explique principalement par un angle d'incidence des rayons solaires très faible (46° 54' au cercle polaire et 23° 26' au pôle), la surface du sol reçoit donc très peu d'énergie et la quantité de chaleur reçue est donc très faible

Les précipitations tombent essentiellement sous forme de neige entre le printemps et l'automne et les vents sont souvent froids et violents.

#### **I.4.7- Climat montagnard :**

Le climat montagnard ne dépend pas des zones climatiques, il est propre aux diverses régions de montagne. Ce dernier modifie le climat localement selon deux facteurs : l'exposition ou non au soleil, aux vents dominants et l'altitude.

Les températures sont faibles, elles diminuent avec l'altitude, avec un gradient thermique moyen environ 0,6 °C tous les 100 m. Les précipitations augmentent en fréquence et en intensité, elles sont plus importantes sur les versants exposés au vent.

#### **I.5- Climats de l'Algérie :**

L'Algérie est le deuxième pays d'Afrique par sa superficie (2.381.741 km<sup>2</sup>), compris entre 18° et 38° de latitude Nord, et entre 9° de longitude Ouest et 12° de longitude Est. Grâce à cette grande étendue et la diversité du paysage algérien, plusieurs zones climatiques se trouvent dans l'Algérie varient du type méditerranéen au type saharien. Selon Mazouz.S, le climat Algérien se subdivise en 4 catégories principales (voir tableau 2) :

##### **- Zone A : littoral marin**

S'étend au nord du pays le long de la Méditerranée, où règne un climat de type méditerranéen marqué par des étés chauds et humides, et des hivers doux et pluvieux (400 mm à 1 000 mm de pluie par an). Les vents dominants sont de direction Nord à Nord Ouest en hiver.

**- Zone B : Arrière littoral montagne**

Est la combinaison des deux climats (climat littoral et de montagne), ce climat est marqué par un hiver plus froid que le climat littoral et des étés chauds et moins humides.

**- Zone C : Hauts plateaux**

Se caractérise par un climat de type froid (continental). On note une diminution globale des précipitations comparativement au littoral, l'accentuation des contrastes thermiques.

Les gels souvent tardifs et la neige hivernale sur les hauteurs. Les vents sont essentiellement de direction Ouest.

**- Zone D : Pré-Sahara et Sahara**

La surface de cette zone représente les quatre cinquièmes de la surface total de l'Algérie, où domine un climat sec et aride dont la frontière nord est le pied sud de l'Atlas saharien. Les principaux caractéristiques de cette zone sont : les températures sont très élevées le jour et très basses la nuit ce qui provoque un écart thermique très important, le rayonnement solaire intense, une l'humidité très faible, des précipitations annuelles extrêmement faibles (moins de 130 mm par an) et des vents locaux extrêmement chauds et secs.

« La température moyenne annuelle pour la ville de Biskra varie entre une valeur maximal et une valeur minimal de 43°C à 04°C avec une forte insolation, dépassent les 3500 h/an, et un intense rayonnement solaire direct qui peut atteindre 900 à 1100 W/m<sup>2</sup> sur un plan horizontal »<sup>11</sup>.

<b>Zone A : littoral marin</b>	
<b>Localisation</b>	Latitude : entre la limite supérieure de 35° N à l'ouest à 37°25 N à l'est et la limite inférieure de 35°15 à l'ouest à 37°35 à l'est
<b>Variations saisonnières</b>	Spectre climatique varié de chauds étés avec le soleil abondant et peu de pluie et des hivers modérés
<b>Températures</b>	20-25
<b>Précipitations</b>	Assez pluvieux 500 mm,
<b>Humidité</b>	Peu élevée
<b>Vents</b>	Modérés, nord à nord ouest en hiver.

<b>Zone B : Arrière littoral montagne</b>	
<b>Localisation</b>	Latitude : entre la limite supérieure de 35°10 N à l'ouest à 37°35 N à l'est et la limite inférieure de 35°25 à l'ouest à 36°25 à l'est
<b>Variations saisonnières</b>	Avec des hivers plus frais

<b>Zone C : Hauts plateaux</b>	
<b>Localisation</b>	Latitude : entre la limite supérieure de 35°25 N à l'ouest à 36°25 N à l'est et la limite inférieure de 34°50 à l'ouest à 35° à l'est

<sup>11</sup> M'SELLEM Houda, Le confort thermique entre perception et évaluation par les techniques d'analyse bioclimatique, cas des lieux de travail à Biskra, thèse de magistère, Université de Biskra, 2007.CH : IV, p : 137

<b>Températures</b>	Températures supérieures à 30 degrés. Écart important (15-18). En hiver, les températures tombent en dessous de zéro.
<b>Précipitations</b>	Environ 300 mm mais très variable
<b>Humidité</b>	Peu élevée
<b>Conditions célestes et rayonnement</b>	Ciel clair avec des périodes de nuage léger. Rayonnement diffus modéré des nuages et rayonnement réfléchi par le sol de modéré à élevé.
<b>Vents</b>	Essentiellement de direction ouest. Tend à été fort débutant en fin de matinée atteignent le maximum dans l'après-midi. Nuits calmes.

<b>Zone D : Pré-Sahara et Sahara</b>	
<b>Localisation</b>	Latitude : entre la limite supérieure de 34°50 N à l'ouest à 35° N à l'est et la limite inférieure de 19° à l'est et à l'ouest
<b>Variations saisonnières</b>	02 saisons, chaude et froide
<b>Températures</b>	T° Moy. Max : 45° et entre 20-30 en hiver variation saisonnière de 20°. L'effet de la latitude les hivers deviennent de plus en plus froids.
<b>Précipitations</b>	Pluies rares, torrentielles par moments,
<b>Humidité</b>	Humidité réduite entre moins de 20% après midi à plus de 40% la nuit
<b>Conditions célestes et rayonnement</b>	Ciel clair pour une grande partie de l'année, mais les vents sable et les tempêtes sont fréquents, arrivant généralement les après midis. Rayonnement solaire intense augmenté par les rayons réfléchis par le sol.
<b>Végétation</b>	Extrêmement clairsemée
<b>Vents</b>	Généralement locaux

Tableau-I.2 : Les zones climatiques en Algérie et leurs caractéristiques

Source : Mazouz.S, 2004

### I.5.1- Les zones climatiques d'hiver :

**La zone H1** : selon l'effet de l'altitude, cette zone se subdivise en deux sous-zones :

H1a (littoral-mer) : où l'altitude est inférieure à 500 m, cette sous-zone possède des hivers doux avec des amplitudes faibles. Alors que la sous-zone H1b est marquée par des hivers plus froids et plus longs. Cette sous-zone est nommée encore arrière littoral-montagne dont l'altitude est supérieure à 500 m.

**La zone H2** : cette zone aussi se divise en deux sous-zones H2a et H2b, la première se développe entre les altitudes 1000 et 1500 m, elle est caractérisée par des hivers froids ayant un écart diurne important, elle connue sous le nom « Atlas tellien-montagne ». Atlas saharien-montagne ou bien H2b est marquée par des hivers encore plus froid que la premières sous-zone, car la hauteur est plus importante aussi (dépasse les 1500 m).

**La zone H3** : la dernière zone est composée de trois sous-zones, le pré-Sahara, Sahara et Hoggar c'est-à-dire H3a, H3b et H3c. le pré-Sahara (H3a) s'étend dans les régions où l'altitude est comprise entre 500 et 1000 m, elle est remarquable par des hivers très froids la nuit par rapport au jour avec des amplitudes de températures importantes entre le jour et la nuit.

Sahara (H3b) s'étale dans les altitudes 200 à 500 m, est déterminée par ses hivers moins froids

que le pré-Sahara, avec des écarts de température diurne. Le Hoggar (H3c) s'étend dans des l'altitude qui ne dépasse pas les 500 m, cette sous-zone est caractérisée par des hivers très froids.

### I.5.2- Les zones climatiques d'été :

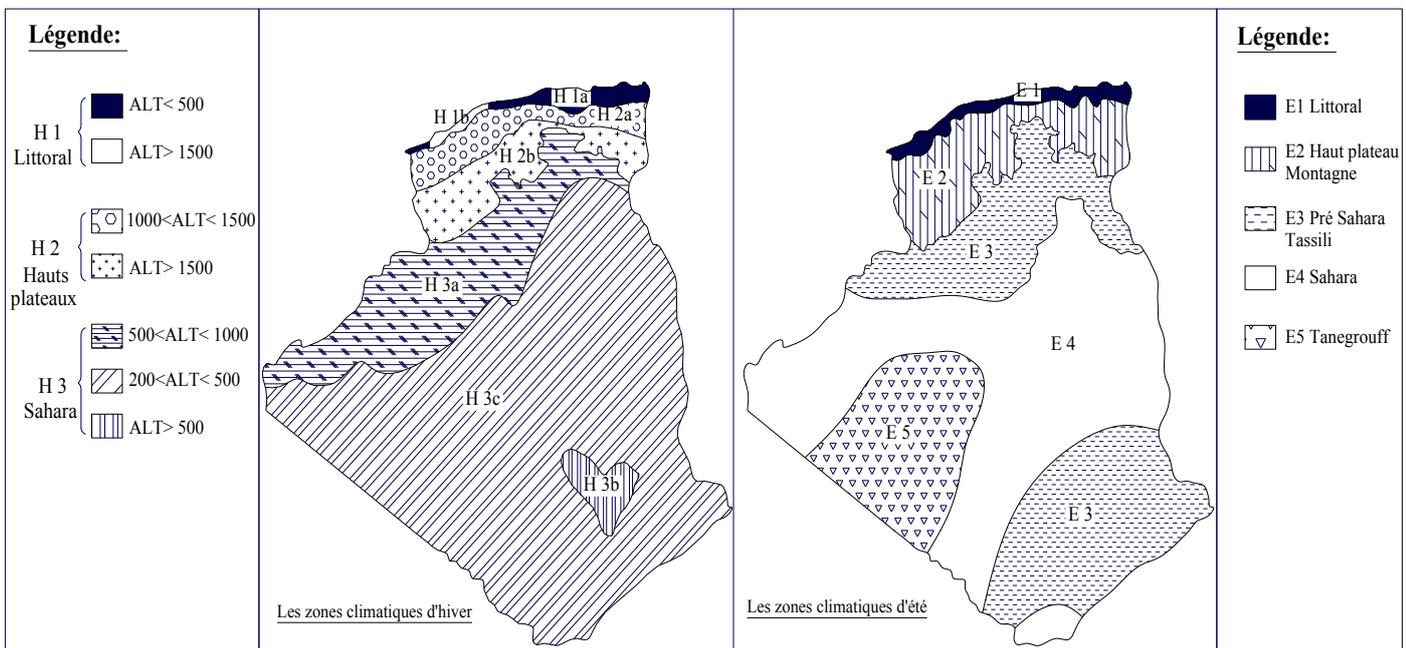
**La zone E1** : Grâce à la proximité directe de la mer, elle est caractérisée par des étés chauds et humides et un écart de température diurne faible.

**La zone E2** : Elle est marquée par des étés plus chauds et moins humides avec des écarts de température diurne importants.

**Les zones E3** : Cette zone ayant des étés très chauds et secs avec une amplitude thermique élevée.

**Les zones E4** : Elle est marquée par des étés très chauds et secs mais plus pénible que la zone (E3)

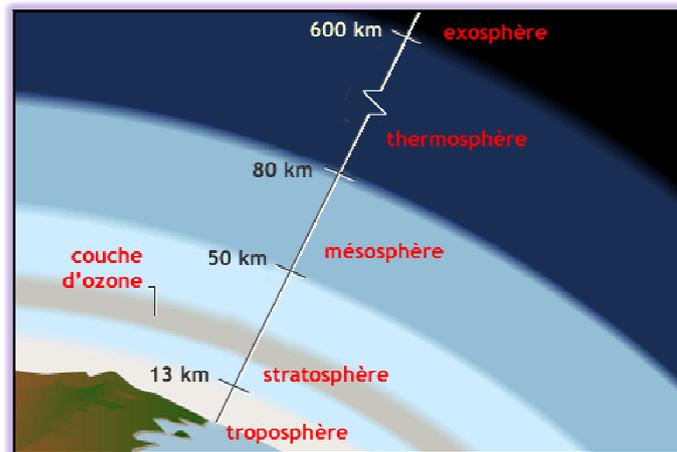
**Les zones E5** : Elle est caractérisée par des étés très chauds et secs et extrêmement pénible par rapport aux deux dernières zones (E3) et (E4)



**Figure-I.3: les zones climatiques d'hiver et d'été en Algérie**  
Source : ministère de l'habitat, 1993.P :10-11, réadapté par l'auteur.

### I.6-Climat et microclimat urbain :

Il nous a paru nécessaire de parler sur les différents types de couches composants l'atmosphère. Ce dernier est une immense couche de gaz et de poussières qui enveloppe le globe terrestre dont ses couches sont : la troposphère, la stratosphère, la mésosphère, la thermosphère et l'exosphère (voir figure I-4). Chacune de ces couches a des propriétés bien différentes (épaisseur, composition, température, pression). Ce sont les couches les plus basses de l'atmosphère et qui sont les plus touchées par la pollution due aux activités humaines (transports, industries).



**Figure-I.4 : Les couches de l'atmosphère terrestre**  
Source : Encarta Junior, 2009

« C'est dans la troposphère que les phénomènes climatiques observés au niveau de la surface terrestre ont principalement lieu, notamment au niveau de la couche limite planétaire (CPL) qui s'étend jusqu'à une limite de 2 km d'altitude ».<sup>12</sup>

#### I.6.1- La notion de canopée urbaine et CLU :

Le milieu urbain a souvent montré sa vulnérabilité lors d'écoulement de vents violents, de vagues de chaleur ou de pollution atmosphérique. Dans la couche limite générée par la ville on distingue deux parties (voir figure -I.5) : la première strate est la canopée urbaine, et la deuxième strate située juste au dessus de la canopée urbaine est appelée couche limite urbaine (CLU).

La canopée urbaine, couche atmosphérique urbaine délimitée par le sommet des toitures et des arbres, elle comprend une multitude de microclimats qui sont déterminés par la nature des alentours, de leur géométrie, des matériaux et de leurs propriétés. La limite supérieure de la canopée varie à cause de la hauteur variable des bâtiments et de la vitesse du vent.

<sup>12</sup> [www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/fr/index.html](http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/fr/index.html) - 5k

La distribution des températures dans la canopée urbaine est affectée par le bilan radiatif. Le rayonnement solaire incident atteint principalement les toitures, les murs verticaux et seule une faible part atteint le sol. Ces diverses surfaces émettent des rayonnements de grande longueur d'onde dont une partie importante est interceptée par les autres bâtiments, ce qui a pour effet de diminuer globalement les pertes radiatives. La part de flux radiatif absorbé est alors plus élevée que dans une zone rurale, et la température est ainsi plus élevée.

Ainsi, nombreuses études investissent de plus en plus le champ de la climatologie urbaine en s'intéressant aux phénomènes de grande échelle comme l'îlot de chaleur urbain, ou aux phénomènes thermiques et aérodynamiques de plus petite échelle se développant à l'intérieur de la canopée urbaine. Dans le contexte actuel de haute qualité environnementale et de développement durable, les perspectives sont d'améliorer la qualité de l'air, de maîtriser et de moduler les conditions de confort thermique piétonnier et de diminuer la demande énergétique des quartiers urbains.

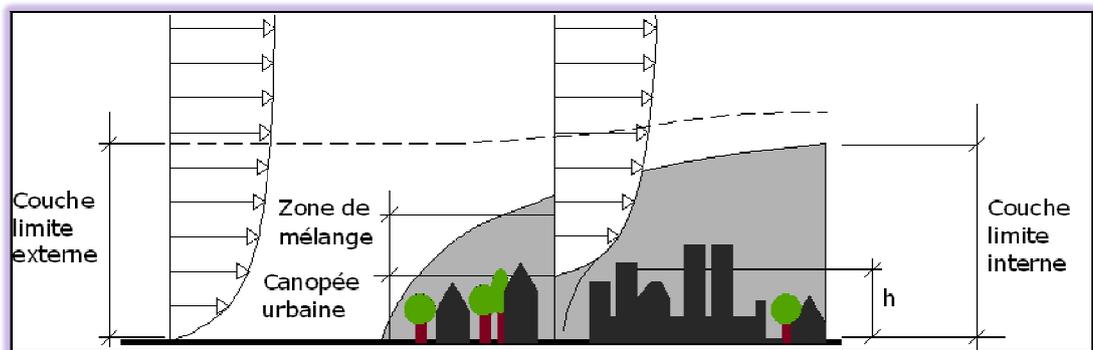


Figure -I.5 : la canopée urbaine et la CLU

Source : Reproduit par l'auteur, d'après [www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/fr/index.html](http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/fr/index.html) - 5k

### I.6.2- Paramètres affectant le climat urbain :

La ville est un ensemble hétérogène : minérale et végétale, elle se compose d'une multitude d'éléments stables et d'autres instables. Les premiers sont bien connus : ce sont les bâtiments, rues, parcs, jardins, plans d'eau... Les seconds, sont des éléments qui changent avec la temporalité, donc ils sont à la fois dynamiques, volatiles et parfois insaisissable... l'ensoleillement, le vent, le bruit, la lumière, la chaleur, l'odeur : représentent les principaux facteurs instables dans un milieu urbain. Cette complexité physique et phénoménologique forme une variété de microclimats.

Lorsque la ville prend de l'ampleur, d'autres facteurs interviennent (chaleur apportée par les êtres humains, pollution de l'air) qui modifient le climat local et même le microclimat donc contribuent à la formation de climat urbain différent. Plusieurs facteurs interviennent dans le climat urbain, et qui sont :

- ↗ La densité et la taille de la ville
- ↗ La Morphologie

- ↻ Différentes activités tenant place dans l'espace
- ↻ La couverture minérale de la ville
- ↻ La couverture végétale
- ↻ Les étendues d'eau
- ↻ L'Albédo

### I.6.2.1- La densité et Taille de la Ville

La concentration de la population dans les centres urbains change indirectement le climat de la ville, car la présence de millions d'êtres humains est autant de sources de chaleur (éclairage, chauffage...) et de pollution, l'intensité des activités urbaines est directement proportionnelle à la densité de la population. Ainsi, l'apport thermique anthropique aussi bien que l'intensité de la pollution de l'environnement devient d'autant plus important que cette densité est grande, ce qui provoque une chaleur en ville plus élevée qu'en campagne.

Les principales conséquences de l'urbanisation et la densification de la ville : brumes (se composent aux différents gaz néfastes), diminution de la végétation, réchauffement, ruissellement. La figure (I. 6) synthétise clairement ces effets.

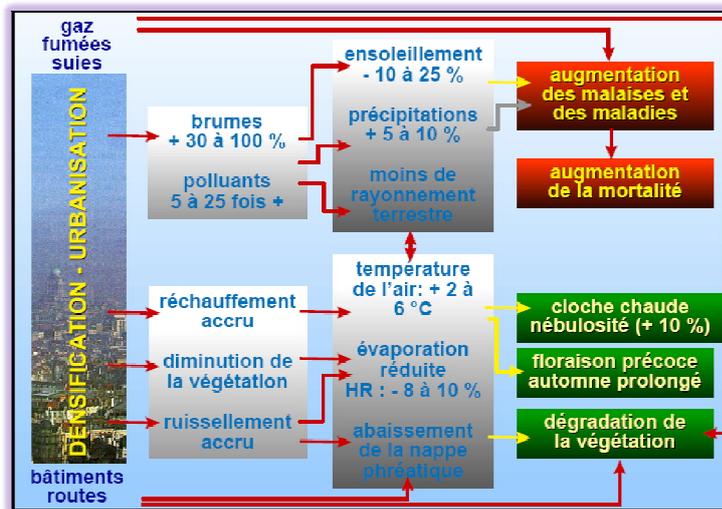


Figure-I. 6 : les modifications du climat urbain par rapport aux données moyennes hors milieu urbain

Source : De Herde A, Liebard A, 2005. p : 6a

### I.6.2.2- La Morphologie :

La morphologie urbaine est la forme tridimensionnelle d'un ensemble de bâtiments ainsi que les espaces qu'ils créent (espace vert, rues...). La morphologie urbaine est d'importance primordiale pour le climat et le microclimat urbain, de ce fait, les caractéristiques physiques (tels que : hauteurs et prospects) ou la morphologie d'un espace affectent d'une manière significative sur : l'ensoleillement, l'écoulement de la masse d'air et le bilan radiatif de la ville. Aussi, les constructions peuvent également créer des courants d'air ou réfléchir les rayons du soleil (albédo). Elles constituent des écrans fixes pour leur voisinage.

L'effet des bâtiments peut être positif ou négatif :

- ☛ Positif si l'on recherche une protection contre le soleil.
- ☛ Négatif si les bâtiments voisins masquent le soleil alors qu'on souhaite bénéficier d'apports solaires.

### I.6.2.3- Différentes activités tenant place dans l'espace :

Les activités anthropiques (ou humaines) sont générées par une multitude de sources : domestiques, industrielles, transport, éclairage, chauffage, climatisation et autres. « Cette chaleur émise par l'activité humaine peut modifier de manière significative la température ambiante car elle devient parfois égale aux apports radiatifs globaux »<sup>13</sup>. Le tableau suivant fournit des valeurs pour diverses villes américaines, européennes et asiatiques.

Ville	Taux d'émission anthropique (W/m <sup>2</sup> )	Flux radiatif net global (W/m <sup>2</sup> )
Chicago	53	-
Cincinnati	26	-
Los Angeles	21	108
Fairbanks	19	18
St. Louis	16	-
Manhattan, New York City	117 - 159	93
Moscou	127	-
Montréal	99	52
Budapest	43	46
Osaka	26	-
Vancouver	19	-
West Berlin	21	57

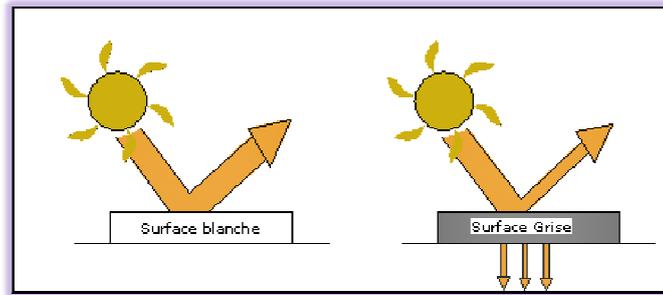
**Tableau-I. 3 : Taux d'émission anthropique et bilan radiatif net**  
Source : [www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/fr/index.html](http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/fr/index.html) - 5k

**I.6.2.4- La couverture minérale de la ville :** Dans la ville où les aires sont asphaltées, pavées ainsi que les façades sont revêtis par une multitude de matériaux, constituent une importante couche imperméable dite minérale. Le bilan énergétique urbain est fortement affecté par les propriétés thermiques et l'albédo des différents matériaux ou couche minérale.

La nature des surfaces et leurs couleurs influent sur le microclimat, une surface blanche réfléchit un pourcentage important du rayonnement solaire, par contre une surface grise ou noir absorbe une grande quantité d'énergie.

L'asphalte et la brique comptent parmi les matériaux les plus utilisés en ville et sont caractérisés par une faible capacité thermique ainsi qu'une conductivité réduite.

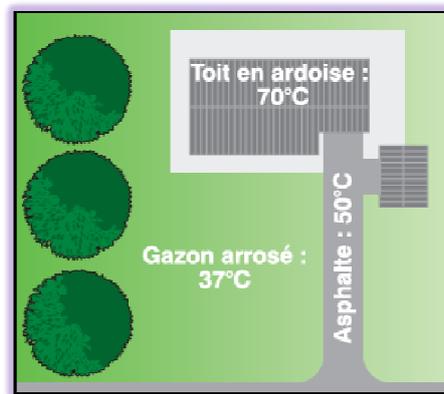
<sup>13</sup> [www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/fr/index.html](http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/fr/index.html) - 5k



**Figure-I.7 : La couleur de la surface (réflexion-absorption)**

Source : Auteur, 2009

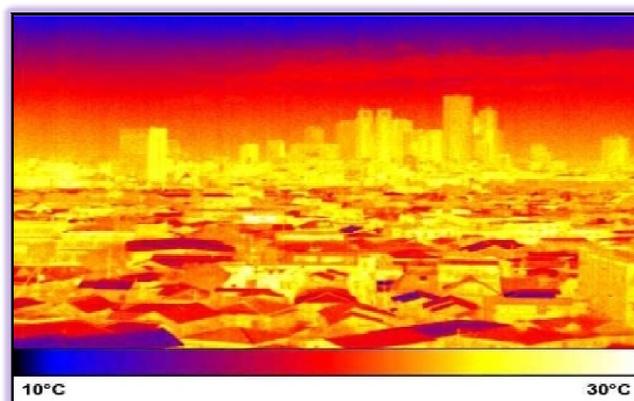
Selon le centre commun de recherche et la direction générale de l'énergie de la commission européenne confirme que les revêtements de sol ont un impact climatique qui dépend de leur taux d'absorption, de conductivité et réflectivité des rayonnements thermiques et capacité d'absorption de l'eau, par exemple l'asphalte et le béton absorbe énormément de chaleur et peu d'eau : ils rayonnent ensuite et fonctionnent comme des radiateurs urbains de jour et de nuit.



**Figure-I. 8 : Température de surface de 3 matériaux (ardoise, gazon arrosé, asphalte)**

Source : De Herde A, Liebard A, 2005

Le sable, l'eau, et le béton sont des surfaces réfléchissantes, éblouissantes, qui sont gênantes à proximités des lieux de vie. D'après le centre commun de recherche et la direction générale de l'énergie de la commission européenne- les températures de surfaces varient beaucoup en fonction des matériaux.



**Figure-I. 9 : Carte de la température de surface : exemple de Singapoor**

Source : International Association for Urban Climate,  
in <http://www.urban-climat.org>

### **I.6.2.5- La couverture végétale :**

Jardins, parcs, squares, ensembles végétaux constituent des éléments essentiels de la qualité du cadre de vie en ville, encore faut-il qu'ils soient bien conçus et que les arbres qui en constituent l'armature essentielle soient bien disposés, bien choisis et bien plantés pour créer des volumes et des ambiances qui répondent aux aspirations des habitants.<sup>14</sup>

Les arbres et les aires vertes agissent sur le microclimat par le biais de trois facteurs : le rayonnement solaire, le vent, et l'humidité de l'air.

Les espaces verts extérieurs permettent de guider les déplacements d'air en filtrant les poussières pendant les périodes chaudes.

Les végétaux créent des ombrages sur le sol et les parois, permettent de gérer l'habitabilité des espaces extérieurs et de protéger les espaces intérieurs des bâtiments. On peut résumer leurs effets en trois points essentiels :

- ✿ Oxygénation de jour grâce à la photosynthèse (absorption de CO<sub>2</sub>, dégage l'O<sub>2</sub>).
- ✿ Humidification de l'air (grâce au phénomène d'évapotranspiration des plantes).
- ✿ Fixation des poussières : par la position brise-vent des arbres et par le pouvoir adhésif de matière huileuse sur les feuilles.

*« Dans le contexte urbain, une réduction de la température environnante de 1-2°C est attendue avec l'installation d'un bosquet dense, alors que la radiation solaire entrante peut être réduite de 20-60% suivant la densité des arbres »<sup>15</sup>*

L'efficacité de ces espaces verts dépend de leur densité, de leur forme, dimension et position.

### **I.6.2.6- Les étendues d'eau :**

Les fontaines, jets et plans d'eau permettent de modifier localement la température et l'humidité de l'air. Grâce à l'inertie thermique de l'eau, ce dernier représente un tampon qui peut atténuer les fluctuations de température, à l'inverse des sols qui s'échauffent et restituent la chaleur rapidement, l'eau emmagasine et rend la chaleur lentement.

L'utilisation de plan d'eau permet de créer des microclimats et d'atténuer les variations journalières de température, l'eau trouve dans l'air ambiant la chaleur nécessaire pour passer de l'état liquide à l'état vapeur, la température de l'air se voit ainsi réduite et l'humidité relative de l'air augmente, encore l'eau agit comme un tampon grâce à sa capacité de stocker de la chaleur.

<sup>14</sup> Cabanel, 1993 cités par Vinet.J, Contribution à la modélisation thermo-aéraulique du microclimat urbain. Caractérisation de l'impact de l'eau et de la végétation sur les conditions de confort en espaces extérieurs, thèse de doctorat, Université de Nantes, 2000, p.53

<sup>15</sup> Dr Marialena Nikolopoulou, Spyros Lykoudis and Maria Kikira, 2001, P : 6

### I.6.2.7- L'albédo :

L'albédo est le rapport de l'énergie solaire réfléchi par une surface sur l'énergie solaire incidente. Un albédo faible implique des températures de surfaces plus élevées (une grande partie de l'énergie solaire est absorbée).

Les surfaces noires (ou très sombres) peuvent avoir une température dépassant de 21°C, la température des surfaces blanches avec un albédo de (50 à 90 %).

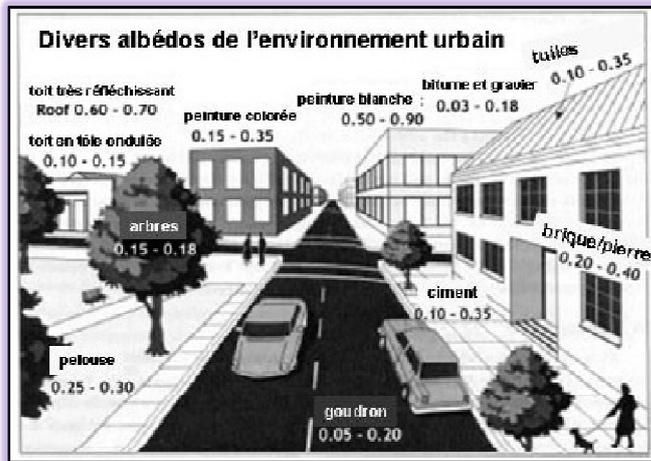


Figure- I.10 : Divers albédos de l'environnement urbain  
[www.cstb.fr/fileadmin/documents/.../doc00004338.pdf](http://www.cstb.fr/fileadmin/documents/.../doc00004338.pdf)

Surface	Albédo%
Neige fraîche	80-85
Neige ancienne	50-70
Glace de mer	30-40
Rochers	20-25
Sables	15-25
Champ de céréales	15-24
Villes	13-15
Forêts	5-15
Nappe d'eau	4-13

Tableau-I.4: l'Albédo  
 Source : GODARD.A et TABEAUD .M, 2000

### I.6.3- Les phénomènes de base influençant l'environnement urbain :

La ville est un facteur important dans l'approche bioclimatique : ses caractéristiques influencent la conception des espaces architecturaux et elle est constituée elle-même un microclimat particulier à analyser. Elles entretiennent : îlot de chaleur, brise urbaine, panache ... autant de phénomènes propres aux échanges entre les surfaces urbaines et l'atmosphère. Le milieu urbain a souvent montré sa vulnérabilité face aux phénomènes :

- ↻ Le bilan radiatif
- ↻ Température et îlot de chaleur urbain
- ↻ Rugosité et vent
- ↻ Précipitations et pollution de l'atmosphère

#### I.6.3.1-Le bilan radiatif :

Le bilan radiatif englobe le rayonnement solaire visible et le rayonnement infrarouge. Le milieu urbain, il est à la fois absorbeur et émetteur du rayonnement solaire, de ce fait, le bilan radiatif (R) d'un milieu urbain est la somme des flux incidents de courtes et grandes longueurs d'onde absorbés par le tissu urbain moins l'émission de grande longueur d'onde des surfaces. Il est donné par l'équation suivante :

$$\mathbf{R} = (\mathbf{I}_b + \mathbf{I}_d) (1 - \mathbf{a}) - \mathbf{I}_1\uparrow + \mathbf{I}_1\downarrow^{16}, \dots \text{ Eq.1, Où :}$$

$I_b$  : le rayonnement solaire direct à la surface de la terre

$I_d$  : le rayonnement solaire diffus à la surface de la terre

$a$  : L'albédo moyen de la ville (réflectivité moyenne de courte longueur d'onde)

$I_1\uparrow$  : le rayonnement de grande longueur d'onde émis par la ville

$I_1\downarrow$  : le rayonnement de grande longueur d'onde absorbé par la ville

Le bilan radiatif est en fonction de :

- ↻ L'albédo moyen de la ville.
- ↻ La nature des matériaux de construction
- ↻ La couleur des revêtements (réfléchissants ou absorbants).

Sans oublier que la durée et l'intensité d'ensoleillement sont réduites en milieu urbain par les effets d'ombre portée des constructions et la végétation et par l'absorption et la diffusion dans l'atmosphère dues à la pollution de l'air.

### I.6.3.2-Les températures et îlot de chaleur urbain :

Au milieu urbain la principale caractéristique climatique est la température de l'air qui change d'un endroit à un autre selon la fermeture ou l'ouverture de l'espace. Les températures sont liées aux apports solaires et l'écoulement du vent. Mais, en milieu urbain les températures sont influencées par d'autres paramètres tels que : les consommations énergétiques (l'éclairage public, le chauffage...) et la nature de tissu urbaine (tissu dense, moyen, matériaux de construction, le prospect ...). C'est à cause de ces paramètres que la ville est plus chaude que le milieu rural. La figure (I.11) explique les paramètres influençant la température urbaine. Selon Chémery Laure « *Il fait plus chaud en ville qu'en périphérie, surtout par temps calme : 2 à 3 d'écart sont fréquents* »<sup>17</sup>

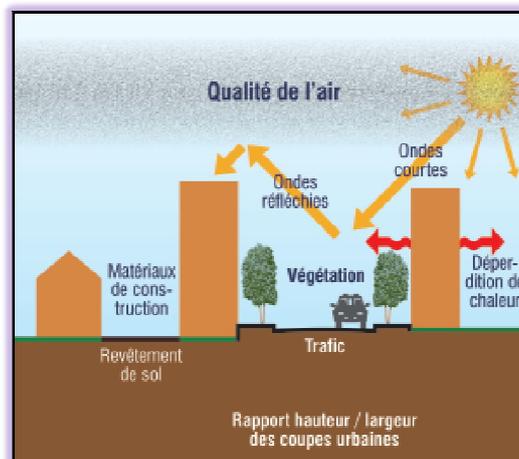


Figure-I. 11 : Les paramètres influençant la température urbaine

Source : De Herde A, Liebard A, 2005

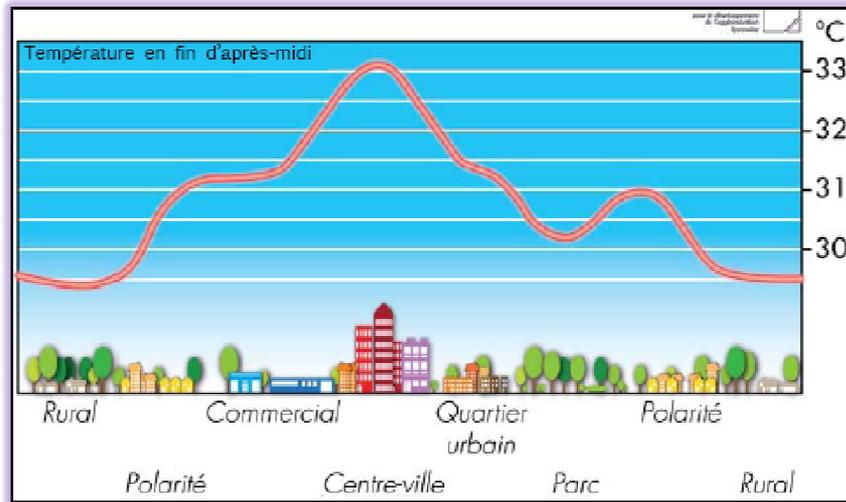
<sup>16</sup> [http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/docs/lea/lea\\_ch4\\_fr.pdf](http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/docs/lea/lea_ch4_fr.pdf).

<sup>17</sup> Chémery Laure, Petit atlas des climats, 2006, p : 115

L'îlot de Chaleur est un phénomène microclimatique relatifs aux zones urbaines denses et se caractérisent par une augmentation de la température de l'air.

La température de l'ICU peut avoir 8 à 10°C de plus que l'environnement immédiat

« Les températures de surface maximales mesurées dans le canyon atteignent 53°C, alors que les minimales sont proches de 25°C. L'amplitude journalière varie entre 20 et 28°C en fonction du rayonnement solaire reçu. La différence maximale de température simultanée entre les deux surfaces opposées des façades des bâtiments est proche de 19°C »<sup>18</sup>



**Figure-I. 12 : Profil schématique de l'îlot de chaleur urbain**

Source : [www.grandlyon.com/.../Thematique\\_lutte\\_contre\\_ilots\\_chaleur\\_urbains.pdf](http://www.grandlyon.com/.../Thematique_lutte_contre_ilots_chaleur_urbains.pdf)

« Ce phénomène d'îlot de chaleur urbain peut être bénéfique en période hivernale eu égard aux besoins de chauffage, mais, en période estivale, il devient critique pour le confort thermique à l'intérieur des bâtiments ainsi que pour la demande énergétique exigée par la climatisation »<sup>19</sup>.

Les facteurs les plus importants qui influencent le phénomène d'îlot de chaleur sont :

Le milieu urbain dense, la rue canyon, les propriétés thermiques des matériaux, la chaleur anthropique, l'effet de serre urbain, la réduction des surfaces évaporatives et réduction de la vitesse du vent

➤ **Le milieu urbain dense :** Les échanges radiatifs dans une géométrie urbaine comme le canyon réduit les pertes des rues par l'effet de la réflexion et la ré-réflexion des surfaces le long de la rue canyon (le piégeage).

<sup>18</sup> Vinet Jérôme, Contribution à la modélisation thermo-aéraulique du microclimat urbain. Caractérisation de l'impact de l'eau et de la végétation sur les conditions de confort en espaces extérieurs, thèse de doctorat, 2000, p : 39

<sup>19</sup> BOZONNET Emmanuel, impact des microclimats urbains sur la demande énergétique des bâtiments, cas de la rue canyon, thèse de doctorat, Université de la rochelle, 2005, P : 4

➤ **L'effet canyon :** Un canyon urbain est défini par trois paramètres principaux :

H : la hauteur des bâtiments

W : la largeur du canyon, L : longueur.

A partir de ces trois paramètres, (H, W, L), ceci permet de déduire la description géométrique du canyon qui se limite à quelques mesures simples : les rapports H/W et L/H et la densité de construction.

$j = A_r / A_l$  <sup>20</sup> ..... Eq.2, Où :  $A_r$  : est la surface de la projection horizontale des toits.  $A_l$  : la surface de terrain occupée par les bâtiments.

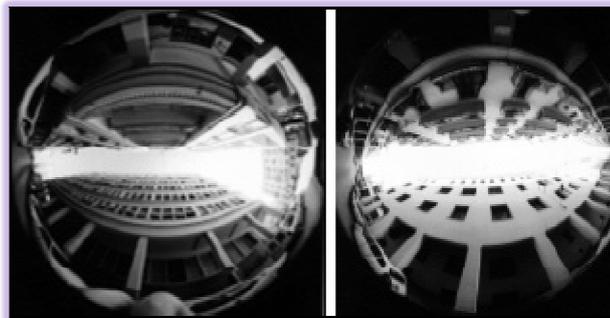


Figure-I.13 : Photos Fish-eye prises au niveau des rues de type Canyon.  
Source : BOUCHERIBA.F, Séminaire Biskra, 2007. P : 332

➤ **Les propriétés thermiques des matériaux :**

Le taux d'absorption ou de réflexion des matériaux dépend de leurs propriétés physiques.

Les matériaux tels que le bitume et le béton stockent de la chaleur durant le jour qu'ils rendent à l'atmosphère durant la nuit.

➤ **La chaleur anthropique :**

La chaleur anthropique est due à la production de la chaleur par les bâtiments et le trafic (l'activité humaine) : transports, éclairage, chauffage et la climatisation. Selon Emmanuel Bozonnet, les dissipations thermiques des bâtiments participent de façon significative au dégagement de chaleur anthropique et donc à l'amplification du réchauffement urbain en conditions estivales. (Voir figure-I.14).

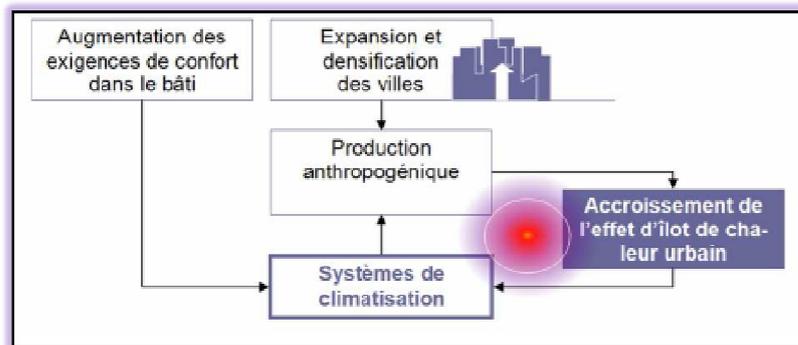


Figure-I. 14 : Phénomène d'amplification de l'îlot de chaleur urbain et système de climatisation  
Source : Emmanuel Bozonnet, 2006

<sup>20</sup> [http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/docs/lea/lea\\_ch4\\_fr.pdf](http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/docs/lea/lea_ch4_fr.pdf).

### ☛ L'effet de serre urbain :

L'effet de serre entraîne un réchauffement climatique préjudiciable à l'environnement, ce phénomène est perturbé par les gaz rejetés dans l'atmosphère et la chaleur anthropique.

C'est un piégeage de l'énergie solaire par l'atmosphère principalement composés par les gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, CFC) et qui possèdent des bandes d'absorption importantes pour des longueurs d'onde correspondant à l'émission des surfaces des parois ou de la terre.

### ☛ La réduction des surfaces évaporatives :

Grace à la minéralisation des surfaces urbaines et la diminution des surfaces vertes les températures d'air sont plus importantes.

☛ **Réduction de la vitesse du vent :** à cause de la présence des bâtiments, le phénomène d'îlot de chaleur peut avoir lieu durant le jour ou la nuit et peut conduire à des différences de températures allant jusqu'à 6,5K entre le centre ville et la périphérie d'un grand centre urbain (voir tableau I.5).

Ville	Augmentation de température (°C)
30 villes américaines	1.1
New York	2.9
Moscou	3- 3.5
Tokyo	3.0
Shanghai	6.5

**Tableau –I.5 : Îlots de chaleur mesurés dans quelques villes urbaine**

Source : [http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/docs/lea/lea\\_ch4\\_fr.pdf](http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/docs/lea/lea_ch4_fr.pdf).

### I.6.3.3-Rugosité et vent :

Le vent est un des facteurs climatiques qui modifie nos activités et qualifie les ambiances de l'aménagement urbain et du confort des espaces extérieurs et intérieurs.

Comme le terrain urbain est très compliqué, due à la présence des obstacles minéraux et végétaux, la distribution des écoulements est très instable. L'ensemble de ces obstacles modifient l'écoulement du vent, par exemple, les grands maillages rectilignes (quartier en damier) provoquent souvent plus d'inconfort que le tracé irrégulier. L'effet du vent varie en fonction de : la hauteur, le prospect, le volume...

Généralement, la vitesse du vent dans la canopée urbaine est significativement plus faible que la vitesse du vent non perturbé. Ainsi, la distribution verticale des vitesses est découpée en deux zones : la canopée urbaine qui s'étend du sol jusqu'en haut des bâtiments, et la couche limite urbaine qui s'étend bien au delà des toitures (Voir figure-I.5). Selon Niels-Ulrik Kofoed et Maria Gaardsted, la vitesse de vent mesurée à une hauteur de 10 m par une

station météorologique située dans un lieu plat et à découvert peut être transformée en un vent représentatif d'une surface urbaine pour une hauteur (H)<sup>21</sup>.

$S = VH / V10$ . ..... Eq.3,  $S=0.36$  (dans milieu urbain), de ce fait :

$VH=0.36 \times V10$ , sachant que :

H : est la hauteur au-dessus de la surface en milieu urbain

S : représente la relation existant entre la vitesse du vent en milieu urbain à hauteur H

VH : la vitesse du vent en milieu plat à découvert à 10 m de hauteur

La rugosité  $\alpha$  est plus forte dans une ville dense avec des immeubles hauts.

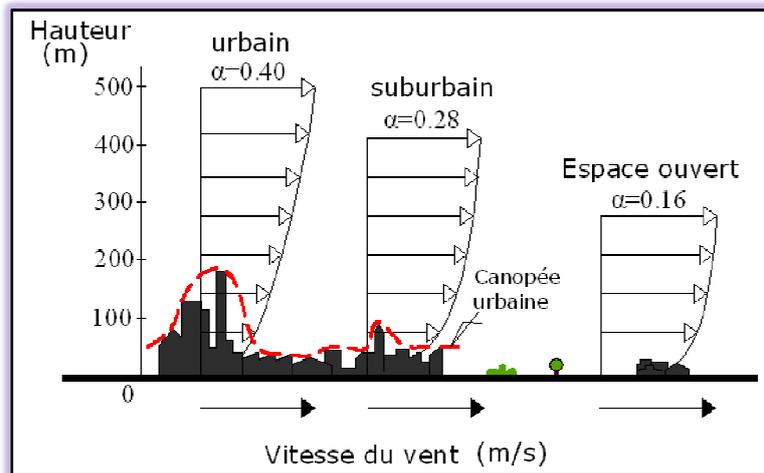


Figure-I.15 : Profils de vitesses du vent pour trois différents types de surfaces.

Source : Niels-Ulrik Kofoed and Maria Gaardsted, réadapté par l'auteur)

#### I.6.3.4-Pollution de l'air et des précipitations :

De Herde. Aet Liébard. A ont défini la pollution urbaine comme suit : Elle réduit les capacités de transmission de l'atmosphère urbaine...les taux d'ensoleillement en ville peuvent être gravement inférieurs à ceux de la campagne, ce qui fut le cas à Londres : en 1956, il a été instauré le -Clean Air Act- qui a permis de retrouver en 10 ans un taux d'ensoleillement hivernal dont la valeur était tombé à 50% de celui des environs.

Donc la pollution urbaine influe sur la qualité de l'air et l'ensoleillement (ambiance thermique et aéraulique), elle affecte aussi l'environnement acoustique et lumineux.

« Des niveaux de bruit de plus de 65db(A) sont considérés comme inacceptables, mais dans les villes modernes, la majorité de la population est exposée à de tels bruits.

La pollution lumineuse est devenue significative ces dernières décennies à cause de l'éclairage urbain et des niveaux de luminance qui peuvent être très élevés, même la nuit.

La température ambiante urbaine qui est supérieure à celle des environnements ruraux affecte aussi le confort et la consommation énergétique des bâtiments »<sup>22</sup>.

<sup>21</sup> Niels-Ulrik Kofoed et Maria Gaardsted, Prise en compte du vent dans les espaces urbains

In RUROS, 1998-2002, p : 9

<sup>22</sup> [http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/docs/lea/lea\\_ch4\\_fr.pdf](http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/docs/lea/lea_ch4_fr.pdf)

Les sources de pollution extérieures principales sont :

- ☛ Les polluants industriels (azote et oxydes de soufre, ozone, composés organiques volatils (COV), fumée, particules, fibres,...).
- ☛ Les polluants dus aux transports : (monoxyde de carbone, gaz carbonique, oxydes d'azote, particules).
- ☛ Les polluants provenant du sol (radon, méthane)

Le fumée et brouillard ainsi que les pluies acides sont la meilleure preuve

La pollution urbaine limite l'énergie solaire incidente, augmente la diffusion dans la basse l'atmosphère. Les courtes longueurs d'onde sont plus affectées par cette diffusion (dite de Rayleigh) que les autres (ultraviolets et début du spectre visible).

### **Conclusion :**

Dans ce monde, la forme sphérique de la terre, la course éclipique du soleil, la répartition des continents et la mer constituent les principales causes de la création des climats. Ces derniers, comme phénomène physique, est le résultat d'un grand nombre d'éléments qui se combinent entre eux.

Dans ce chapitre nous avons essayé de définir le concept climat et les facteurs composant de celui-ci pour mieux cerner et diriger le champ de notre recherche. Il était en effet nécessaire de parler sur les différentes échelles du climat, dont la connaissance est décisive en climatologie urbaine, notre recherche nous a permis de distinguer l'échelle locale et micro climat.

Le climat est l'une des clés de l'architecture bioclimatique et l'homme représente le centre de toute préoccupation, de ce fait, une bonne compréhension du mot climat conduit à une conception architecturale intelligente, qui assure à la fois la fonction et le confort dans les bâtiments dans n'importe quelle région. L'importance d'étudier le climat se révèle important encore une fois parce que nos modes de vie et plusieurs thermorégulations végétatives et comportementales et même techniques sont liés aux descriptions physiques de l'environnement à savoir : le vent, l'ensoleillement...

A cet effet, il est reconnu qu'une bonne connaissance des phénomènes climatologiques, ses variables, ainsi que leur utilisation de manière judicieuse, pourraient être d'un grand apport aux conditions de confort en générale, et particulièrement le confort des espaces intérieurs.

# *Ambiance et confort thermique*

*« L'existence des phénomènes extérieurs ne peut être immédiatement perçue, mais seulement conclue comme la cause de perceptions données »<sup>1</sup>.*

***Emmanuel Kant***

## **Introduction :**

L'interaction entre l'homme et son environnement a été le sujet de nombreuses études traitant du confort thermique. Celui-ci dépend de plusieurs paramètres à savoir les facteurs d'ordre individuel et les facteurs liés à l'environnement. L'étude du confort thermique est très importante non seulement pour la qualité des ambiances intérieures, mais aussi pour la quantité d'énergie à fournir par les équipements d'ambiance, car le monde d'aujourd'hui souffre d'une crise énergétique.

Selon Lavigne.P, le confort thermique est une sensation qui fait intervenir des facteurs physiques, physiologiques et psychologiques, donc cela explique la complexité de ce thème car il dépend du côté subjectif des usagers qui place la perception de chaque individu au cœur de l'analyse.

On a consacré ce chapitre à établir un état de l'art sur tout ce qui concerne les notions fondamentales sur l'ambiance et le confort thermique. En premier lieu on a intéressé de définir le concept "ambiance" et ses différents typologies. Par la suite, nous aborderons les paramètres et les différents aspects du confort thermique. Enfin, on a cité quelques stratégies d'évaluation du confort thermique.

---

<sup>1</sup> Emmanuel Kant, d'après CD-ROM 12 dictionnaires indispensables

## II .1- L'ambiance thermique :

### II .1.1- Généralités sur la notion d'ambiance :

Étymologiquement le terme ambiance est dérivé du latin *ambiens*, participe présent du verbe : ambire (latin) : entourer, environner<sup>2</sup>.

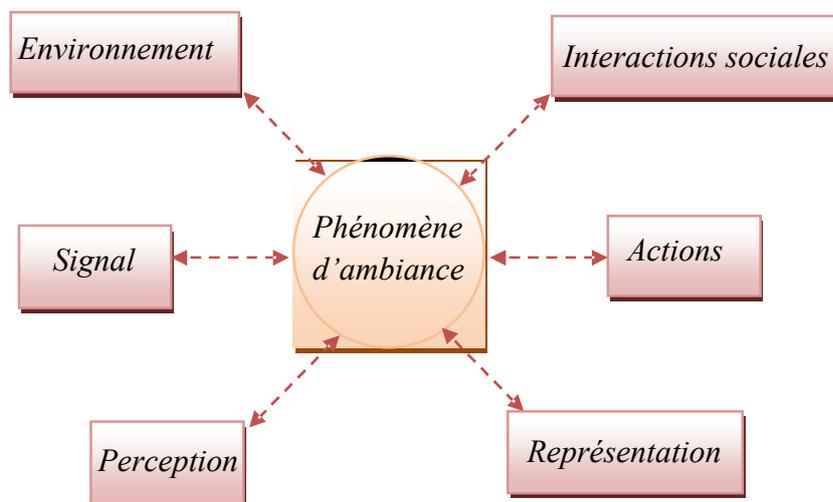
D'après le dictionnaire encyclopédie 2000 l'ambiance est « *Atmosphère qui existe autour de qqn, dans un lieu, dans une réunion : une bonne ambiance (syn. climat)* »<sup>3</sup>

Et selon le Dictionnaire Larousse : « *Atmosphère qui existe autour d'une personne ; réaction d'ensemble d'une assemblée* »<sup>4</sup>

Selon Hégron. G, Torgue. H : « La notion d'ambiance nous permet d'échapper précisément à une trop stricte opposition sujet/objet, c'est-à-dire d'éviter la séparation entre la perception du milieu par un usager et l'objet perçu. Elle articule la connaissance des phénomènes physiques en présence, leurs interactions avec la forme construite, les usages des espaces architecturaux et urbains, la perception de l'usager et ses différentes représentations »<sup>5</sup>

Selon Pascal.J, le mot ambiance peut avoir dix synonymes, qui sont : atmosphère, aura, climat, compagnie, décor, entourage, environnement, influence, milieu, temps.

Il se trouve qu'il ya des termes comme mieux centrés sur l'ambiance : milieu, atmosphère, environnement. Et d'autres périphériques : influence, temps, compagnie. Les trois premières notions sont plus compréhensibles dans le langage courant, ils correspondent respectivement aux modalités spatiales, temporelles, anthropologiques et physiques.



**Figure-II.1 : Modalités d'un phénomène d'ambiance in situ.**

Source : Pascal Joanne, thèse de doctorat, 2003, P : 24

<sup>2</sup> www.wikipédia.org

<sup>3</sup> Dictionnaire encyclopédie 2000

<sup>4</sup> Dictionnaire Larousse

<sup>5</sup> [http://latts.cnrs.fr/site/tele/rep1/HegronTorgueAmbiances\\_PIRVE.pdf](http://latts.cnrs.fr/site/tele/rep1/HegronTorgueAmbiances_PIRVE.pdf)

Aussi, Jean-François Augoyard propose des éléments de définition formelle du concept ambiance où il a rassemblé un ensemble d'attributs déterminant l'essence de ce concept, qui sont d'ordre : physique, psycho-sociologie, architectural et interdisciplinaire :

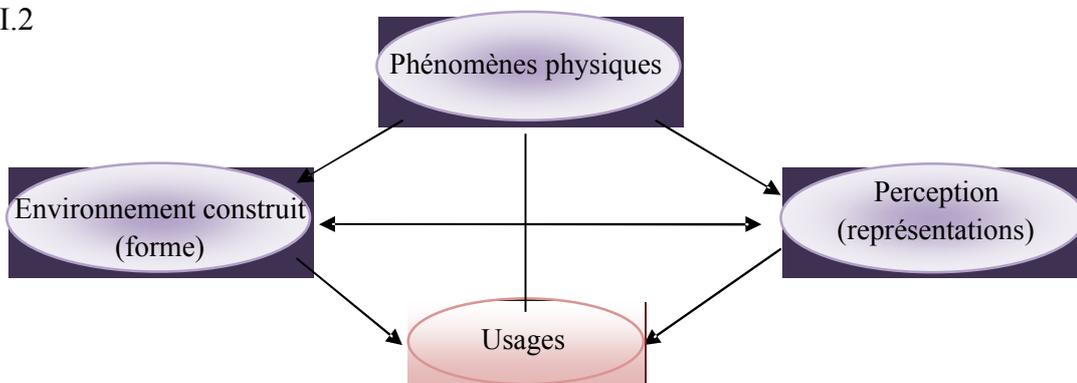
- ✦ Physique : les signaux physiques de la situation sont repérables et décomposables.
- ✦ Psycho-sociologie : ces signaux interagissent avec :
  - La perception, les émotions et l'action des sujets
  - Les représentations sociales et culturelles
- ✦ Architecture : ces phénomènes composent une organisation spatiale construite (construction architectonique et/ou construction perceptive).
- ✦ Interdisciplinarité : le complexe (signaux/percepts/représentations) est exprimable (possibilité d'accéder à la représentation experte et/ou usagère).

D'une manière générale, l'ambiance relie le domaine architectural et urbanistique aux sciences pour l'ingénieur et les sciences humaines et sociales, donc, elle est interdisciplinaire

**L'ambiance architecturale et urbaine :** Une ambiance architecturale et urbaine est l'ensemble des phénomènes physiques qui engendrent et modifient la perception sensible de l'environnement construit des usagers « *Nous appréhendons les ambiances à travers plusieurs dimensions .... Cela va de la caractérisation des paramètres physiques à la dimension esthétique en passant par la dimension psychologique, émotionnelle* »<sup>6</sup>.

### II .1.2- Les éléments constitutifs d'une ambiance :

Une ambiance est née dans un environnement construit, chez les usagers sous des conditions physiques. Selon Gérard Hégron : « *La mise en relation des descriptions morphologiques et physiques d'un environnement architectural ou urbain avec les représentations cognitives des usagers explicite les spécificités d'ambiance d'un lieu* »<sup>7</sup>, voir fig II.2



**Figure-II.2 : Les éléments constitutifs d'une ambiance**  
Source : Gérard Hégron, Henry Torgue, 2007, Réadapté par l'auteur

<sup>6</sup> [http://latts.cnrs.fr/site/tele/rep1/HegronTorgueAmbiances\\_PIRVE.pdf](http://latts.cnrs.fr/site/tele/rep1/HegronTorgueAmbiances_PIRVE.pdf)

<sup>7</sup> [www2.cnrs.fr](http://www2.cnrs.fr) > ... > La physique domestiquée

**II .1.2.1- Les objets :** les objets d'une ambiance représentent l'environnement physique entouré par l'homme et qui peut être un environnement construit (par exemple les bâtiments), un environnement naturel (végétation, plans d'eau, ...).

**II .1.2.2- Les sujets :** se sont les usagers qui pratiquent ou fréquentent les environnements physiques (architectural et urbain) et qui perçoivent l'espace habité à travers des représentations cognitives

**II .1.2.3- L'interface :** représente l'ensemble des réactions de l'homme dans une ambiance bien déterminée, et qui sont les sensations : physiologique, psychologique/émotionnels et esthétique. Par exemple si on s'intéresse à l'interface psychophysique, il s'agit de savoir les réactions d'un stimulus sur la sensation correspondante perçue par le sujet.

### **II .1.3- Les échelles d'une ambiance :**

#### **II .1.3.1- L'échelle spatiale :**

L'ambiance émerge et prend forme dans des volumes, dans des surfaces, dans des dispositifs, à travers des matériaux qui la confortent. Et selon Hégron.G, Torgue.H :

*« De la micro-échelle, à savoir l'espace immédiat qui environne un usager (une rue, une place, un bâtiment, ...) à la macro-échelle (le tissu urbain), d'autres niveaux d'échelles intermédiaires peuvent être considérés comme l'îlot et le quartier urbain »<sup>8</sup>.*

#### **II .1.3.2- L'échelle temporelle :**

La trame "temporelle" permettant de rendre compte les variations des conditions de l'environnement, une ambiance est relative au facteur temps, car elle change avec les heures de chaque jour, par exemple, on trouve une ambiance thermique globale si on s'intéresse à l'échelle temporelle macro (année), elle peut être plus réduite selon : mois, semaine, jour, heure... tout simplement, elle est évolutive selon les différentes temporalités. (Voir photos-II.1)



8h30 (le 31/03/2008)



18h10h (le 31/03/2008)

**Photos II.1: Différents types d'ambiances sous différentes conditions temporelles (Entrée du Campus universitaire-Biskra-)**

Source : Auteur, 2008

<sup>8</sup> [http://latts.cnrs.fr/site/tele/rep1/HegronTorgueAmbiances\\_PIRVE.pdf](http://latts.cnrs.fr/site/tele/rep1/HegronTorgueAmbiances_PIRVE.pdf)

### II .1.3.3- L'échelle climatique :

Une ambiance est conditionnée par les facteurs climatiques, à savoir : la température de l'air, l'humidité, le vent... par exemple sous une ambiance thermique très chaude les usagers de tel espace cherche de l'ombre et d'avoir plus de froid, leurs comportement peuvent être sous plusieurs formes physiologique, comportementales ou bien technique et d'une manière consciente ou inconsciente.

Si l'occupant se trouve dans une ambiance froide, leur sensation sera complètement inversée par rapport à la première situation. Il va chercher un climat plus chaud à travers les différentes réactions citées-ci dessus. Dans des conditions de neutralité l'homme ne veut ni chaud ni froid. Mais tout cela reste relatif à d'autres paramètres comme : l'âge, santé, sexe...

### II .1.3-L'ambiance thermique :

L'exposition au froid ou à la chaleur peut être à l'origine de troubles chez l'individu. En effet la température de l'homme doit demeurer constante (homéothermie) quelle que soit son ambiance thermique. Cette dernière fait appel à plusieurs facteurs, on peut citer: les facteurs énergétiques (le rayonnement solaire, lumière), les facteurs hydrauliques (la précipitation) et les facteurs mécaniques (mouvement de l'air)

### II .1.4- Les différentes notions d'ambiance thermique :

Dans les locaux de travail et de vie, on peut avoir trois types d'ambiances thermiques : Ambiance thermique neutre, froide ou bien chaude.

#### II .1.4.1- Ambiance thermique neutre :

Le flux de chaleur est évacué par la convection et le rayonnement, à l'exclusion de toute vapeur sudorale. Selon Millanoye M , les valeurs d'ambiances thermiques neutres sont :

##### -Température sèche :

Travail sédentaire : 20° - 21°C

Travail physique modéré : 17° - 18°C

Travail physique intense : 15°C

##### - Pourcentage d'humidité : 50 à 60 %

Si la température s'élève ou le travail musculaire augmente, diminuer le pourcentage d'humidité.

##### - Vitesse de l'air : Pour un travail sédentaire : 0,1 à 0,25 m/s

Pour un travail physique : jusqu'à 10 m/s, cette vitesse dépendant des autres paramètres du bilan thermique.

**II .1.4.2- Ambiance thermique froide :** l'évaluation de l'astreinte physiologique en ambiance froide repose, pour l'essentiel, sur l'évaluation par le sujet lui-même de l'inconfort lié à la température des surfaces cutanées ( $T_{\text{froid}} > 17^{\circ}\text{C}$ ).

Les flux convectifs et radiatifs font à eux seuls perdre plus de chaleur que n'en produit le métabolisme énergétique.

L'organisme perd de la chaleur, ce qui a pour conséquence un refroidissement ou une mise en jeu des mécanismes de lutte contre le froid.

#### II .1.4.3- Ambiance thermique chaude :

Lorsque les flux convectifs et radiatifs sont insuffisants pour évacuer le métabolisme énergétique, l'organisme met en route l'évaporation de la sueur.

Pour ces deux dernières ambiances, tant que les mécanismes physiologiques de lutte sont suffisants pour assurer un nouvel équilibre thermique, nous parlerons d'ambiance tolérable.

Lorsque ces mécanismes sont saturés, l'équilibre ne peut être plus assuré, c'est pourquoi il est indispensable de déterminer des durées limites d'exposition.

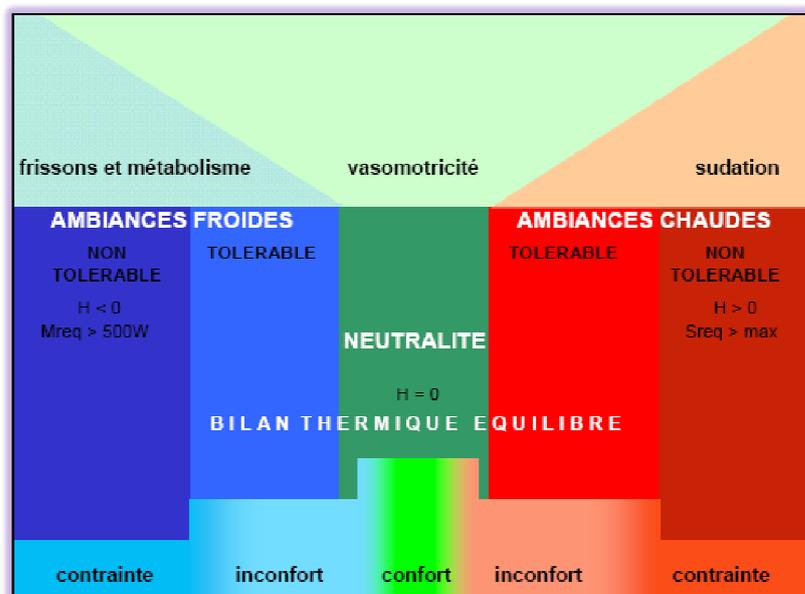


Figure-II. 3: ambiance thermique : sensations et réactions

Source : [www.ergonomie.chups.jussieu.fr](http://www.ergonomie.chups.jussieu.fr)

#### II .1.5- Ambiance thermique acceptable pour le confort :

Le confort thermique est défini comme la satisfaction exprimée quant à l'ambiance thermique. L'insatisfaction peut être causée par un inconfort "tiède" ou "frais" pour le corps dans son ensemble exprimé par les indices PMV et PPD ; ou par un refroidissement ou un réchauffement non désiré d'une partie du corps.

Un inconfort local peut également être dû à des différences de températures anormalement élevées entre la tête et les chevilles, à un sol trop chaud ou trop froid ou à une asymétrie trop grande de rayonnement thermique, mais aussi à un métabolisme trop élevé ou à un vêtement lourd.

En raison des différences d'un individu à l'autre, il est impossible de prescrire une ambiance thermique qui puisse satisfaire chacun ; c'est pourquoi il faut prévoir des ambiances acceptables par le plus grand nombre d'occupants.

La diversité des ambiances, l'identification d'une ambiance, la variabilité des conditions environnementales, la capacité de s'adapter...autant de paramètres à maîtriser à travers le microclimat.

## **II. 2. Le confort thermique :**

Le confort thermique peut être défini comme :

1<sup>ème</sup>/ « Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique. Il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par échange thermique entre le corps et son environnement »

2<sup>ème</sup>/ « A été défini comme étant la condition dans laquelle aucune contrainte significative n'est imposée aux mécanismes thermorégulateurs du corps humain. Permet l'obtention de conditions optimales pour tous les systèmes fonctionnels de l'organisme ainsi qu'un haut niveau de capacité de travail »<sup>9</sup>.

3<sup>ème</sup>/ « la condition d'esprit qui exprime la satisfaction quant à l'ambiance thermique »<sup>10</sup>.

4<sup>ème</sup>/ D'après la norme ISO 7730, « il y a situation de confort thermique si deux conditions sont satisfaites : Le bilan thermique de l'individu est équilibré sans que ses mécanismes autorégulateurs ne soient pas trop sollicités ».

### **Confort hygrothermique :**

Selon la démarche HQE, le Confort hygrothermique représente le 8<sup>e</sup> cible sous la notion de « *Ni chaud ni froid, ni humide ni sec* ». En hiver comme en été, le confort hygrothermique souhaité par l'occupant consiste généralement à ne vouloir avoir ni chaud ni froid (en fonction des conditions climatiques, des caractéristiques de l'utilisateur, de l'homogénéité thermique...). Le confort hygrothermique permet d'atténuer les réactions physiologiques thermorégulatrices (sudations, frissonnements) et les sensations psychologiques de chaud ou de froid.

---

<sup>9</sup> De Herde André, Liébard Alain, *Traité d'Architecture et d'urbanisme bioclimatiques: concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*, Editions du Moniteur, Paris, France, 2005. P : 27

<sup>10</sup> Selon le standard ASHRAE 55-74

### II.3- Les paramètres du confort thermique :

Les paramètres de confort thermique dans le bâtiment sont :

#### II.3.1- La température de l'air :

Il intervient dans l'évaluation du bilan thermique de l'homme au niveau des échanges convectifs, conductifs et respiratoires.

Généralement, pour évaluer le confort thermique dans le bâtiment, la température ambiante de l'air est couplée par d'autres paramètres climatiques tels que : la vitesse d'air, l'humidité..., prendre tout seule peut induire en erreur et ne donne pas une idée précise sur le confort thermique. La température ambiante altère la sensation de chaleur, lorsque le niveau de l'humidité est élevé et la vitesse de l'air faible, la sensation d'humidité de la peau augmente également avec la température ambiante.

Mais sous des conditions, faible humidité et une vitesse de l'air élevée, la peau peut rester sèche même à des températures fortes (malgré l'augmentation de la sueur).

La température de l'air ambiant ou température sèche est mesurée par un thermomètre au bulbe sec (thermomètre doit être aplati pour éviter l'influence du rayonnement), l'intervalle de confort va généralement de 18 à 25 C°.

#### II.3.2-La température des parois (Tp) : moins de 4° de différence avec l'air ambiant :

Est utilisée dans le calcul des échanges radiatifs des grandes longueurs d'onde entre l'individu et l'environnement.

La température des parois couplée à la température de l'air donne une idée sur le confort ressentie (appelée aussi température résultante sèche ou température opérative), cette dernière se détermine selon l'équation suivante :  $T_{rs} = (T_a + T_p)/2$  ..... Eq.1

#### II.3.3- L'humidité relative de l'air (HR) :

L'humidité relative par définition est : « *le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température ambiante et la quantité maximale qu'il peut contenir à cette température* »<sup>11</sup>.

L'humidité détermine la capacité évaporatoire de l'air et donc l'efficacité de refroidissement de la sueur (relative à la différence entre les tensions de vapeur d'eau de l'air ambiant et celle de la peau). Dans le cas où le corps humain n'atteint pas à évaporer toute la sueur, une couche liquide se forme sur la peau (peau humidifiée).

Les réactions physiologiques et sensorielles du à l'humidité sont relevés lorsque la vitesse de l'air augmente. Entre 30% et 70% elle pèse peu sur la sensation du confort thermique.

<sup>11</sup> De Herde André, Liébard Alain, Traité d'Architecture et d'urbanisme bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, Éditions du Moniteur, Paris, France, 2005. P : 16

### II.3.4- La vitesse de l'air :

La vitesse de l'air influe sur les échanges convectifs et évaporatifs, à l'intérieur des bâtiments ces vitesses demeurent limitées et ne dépassent pas 0,20m/s.

Toutefois elle est responsable à l'apparition de gêne chez l'occupant, lié à la présence de courants d'air froids ou chauds.

### II.3.5- La tenue vestimentaire :

Elle représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement. Les vêtements constituent une deuxième barrière thermique après la peau, ils influencent sur les échanges de chaleur convective et radiative,

*"A des températures de l'air inférieures à 35°C, l'effet est toujours de réduire la perte de chaleur « sèche » du corps et ainsi de produire un effet d'échauffement. A des températures de l'air supérieures à 35°C, les effets des vêtements sont plus complexes. D'un côté ils réduisent le gain de chaleur « sèche » en provenance de l'ambiance mais d'un autre côté, ils augmentent l'humidité et réduisent la vitesse de l'air en contact avec la peau, ce qui se traduit par une diminution du refroidissement résultant de l'évaporation de la sueur"<sup>12</sup>.*

Mais parfois une partie de l'évaporation se produit par les vêtements par l'effet de réchauffement. Généralement l'effet des vêtements sur la thermique du corps humain est lié à des paramètres internes et d'autres externes : - Les paramètres internes (liés aux vêtements) : la couleur et la perméabilité à l'air des vêtements.

-Les paramètres externes : l'humidité, vitesse de l'air, métabolisme

L'unité de la résistance thermique est le "clo", en terme physique le clo est équivalent à 0,18 °C.h.m<sup>2</sup>/kcal.

habillement	isolement thermique	
	(clo)	(m <sup>2</sup> K/W)
•Aucun	0	0
• Shorts	0,1	0,015
• Habits légers d'été	0,5	0,08
• Habits légers de travail	0,7	0,11
• Habits d'hiver pour l'intérieur	1	0,155

**Tableau-II.1 : Isolement thermique dû aux vêtements**

Source : Guide technique de la diffusion d'air, 2006

### II.3.6- Le métabolisme :

Il s'agit de la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7 °C. Lorsqu'une personne est en mouvement, un métabolisme de travail correspondant à son activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos.

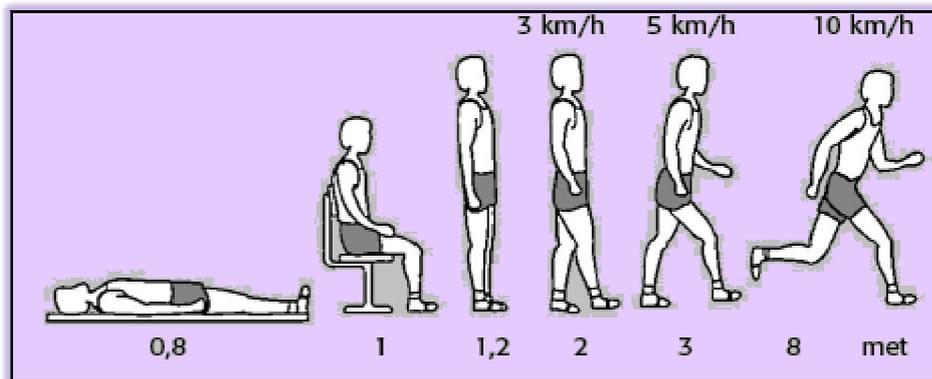
<sup>12</sup> GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur; Paris, 1978. p : 84

Le niveau d'activité se mesure en "met", les valeurs caractéristiques de l'activité métabolique des individus sont fournies dans le tableau suivant :

Activité	Production de chaleur	
	MET	W/m <sup>2</sup>
•Repos	0,8	46
• Assis inactif	1	58
• Debout, décontracté	1,2	70
• Assis en activité travaux de bureau	1,2	70
• Activité légère debout	1,6	93
• Activité moyenne debout	2	116
• Activité importante (travaux lourds des industries)	3	174

**Tableau –II.2 - Production de chaleur en fonction de l'activité**

Source : Guide technique de la diffusion d'air, 2006



**Figure-II. 4 - Production de chaleur en fonction de l'activité**

Source : Guide technique de la diffusion d'air, 2006

Selon le Guide technique de la diffusion d'air, les conditions qui déterminent le bien-être thermique (cités dans le tableau suivant), selon la norme ISO 7730 (conditions thermiques modérées), sachant que ces conditions ne prennent pas en compte les exigences d'économie d'énergie.

<p>• <b>Température opérative :</b>            Été : 23/26 °C            Hiver : 20/24 °C</p>
<p>• <b>Différence verticale de température</b>            &lt; 2/3°C/m</p>
<p>• <b>Température surfacique du sol :</b>            En général : 19/26°C            Un sol rayonnant : 19/29°C</p>
<p>• <b>Asymétrie de Rayonnement :</b>            En général : &lt; 10°C            Plafond radiant : &lt; 5°C</p>
<p>• <b>Vitesse moyenne de l'air Vr :</b>            Été : &lt; 0,25 m/S            Hiver: &lt; 0,15 m/S</p>

**Tableau-II.3 – les seuils de bien-être thermique**

Source : Guide technique de la diffusion d'air, 2006

## II.4-Gêne thermique localisée :

Les inconforts locaux sont causés par plusieurs facteurs à savoir : l'asymétrie de rayonnement horizontale et verticale, température du sol, des différences de température d'air le long de corps, la sensation de courant d'air, une humidité excessive ou insatisfaisante.

### II.4.1-Asymétrie de rayonnement :

Est définie par la différence de température radiante moyenne entre deux faces d'une pièce. Elle peut engendrer une sensation d'inconfort. « *Les parois froides ou chaudes entraînent des déséquilibres au niveau des échanges radiatifs qui peuvent engendrer une sensation d'inconfort. On considère qu'il n'y a pas de gêne si, à 1m devant la façade, l'écart entre la température radiante orientée vers cette façade et la température radiante vers la cloison opposée ne dépasse pas 8° C* »<sup>13</sup>. D'après la figure-II.5, on notera que le plafond chaud est nettement moins bien supporté qu'un plafond froid, alors qu'une paroi chaude est préférée qu'une paroi froide.

Généralement, « *l'asymétrie de température rayonnante due à des surfaces verticales froides doit être inférieure à 10°C. L'asymétrie rayonnement due à un plafond chauffant doit être inférieure à 5°C* »<sup>14</sup>.

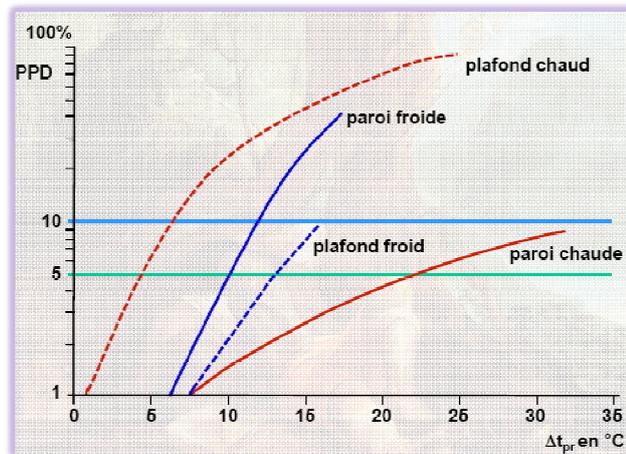


Figure-II.5 : Asymétrie de la température rayonnante et insatisfaction

Source : [www.ergonomie.chups.jussieu.fr](http://www.ergonomie.chups.jussieu.fr)

### II.4.2-Température du sol :

La température du sol est plus ressentie au travers des chaussures légères

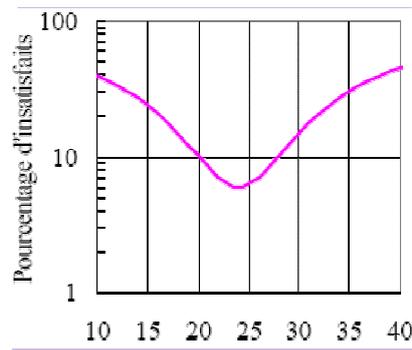
« *Les limites pour les températures du sol sont comprises entre 19 et 29°C. La température du sol dans les pièces prévues pour des séjours prolongés ne doit pas excéder 26°C* »<sup>15</sup>.

<sup>13</sup> Chemillier d'après Vinet Jérôme, Contribution à la modélisation thermo-aéraulique du microclimat urbain. Caractérisation de l'impact de l'eau et de la végétation sur les conditions de confort en espaces extérieurs, thèse de doctorat, 2000. P : 105

<sup>14</sup> Vinet Jérôme, Contribution à la modélisation thermo-aéraulique du microclimat urbain. Caractérisation de l'impact de l'eau et de la végétation sur les conditions de confort en espaces extérieurs, thèse de doctorat, 2000. P : 105

<sup>15</sup> Guide technique de la diffusion d'air, 2006

La figure suivante montre qu'une corrélation négative entre la température du sol et le pourcentage des gens insatisfaits où la T sol est  $< 24^{\circ}\text{C}$ , au delà de cette valeur on remarque une corrélation positive.

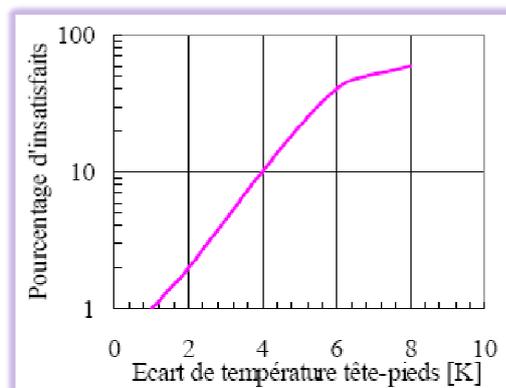


**Figure-II.6: effet de la température du sol**

Source : [www.tudor.lu/cms/henritudor/content.../CA\\_Roulet\\_Batiment\\_Sain08.pdf](http://www.tudor.lu/cms/henritudor/content.../CA_Roulet_Batiment_Sain08.pdf)

#### II.4.3-Différences de température d'air le long du corps :

On trouve parmi les différences de température d'air le long de corps sont celles qui existent entre pied et tête ... D'après le graphe suivant, on remarque qu'une augmentation de 4K de différence entre la tête et le pied a engendré un taux de 10% d'insatisfaits.



**Figure-II.7 : Effet d'une différence de température entre la tête et les chevilles**

Source : [www.tudor.lu/cms/henritudor/content.../CA\\_Roulet\\_Batiment\\_Sain08.pdf](http://www.tudor.lu/cms/henritudor/content.../CA_Roulet_Batiment_Sain08.pdf)

#### II.4.4-Différences de température en vertical :

En pratique, il est recommandé un différentiel maximum de température de  $2^{\circ}\text{C}$  pour chaque mètre de hauteur, pour se maintenir dans certaines limites de garantie, lorsque les conditions ne sont pas totalement optimum. « Dans les bâtiments on considère généralement que l'écart entre les températures mesurées à 1.1m et 0.1 m doit rester inférieur à  $3^{\circ}\text{C}$  »<sup>16</sup>.

**II.4.5-Vitesse de l'air :** Ce facteur est considéré comme l'un des principales sources d'inconfort local. Une vitesse de l'air variable est plus gênante qu'à vitesse stable. Mais aussi la qualité de l'air influe sur la sensation d'inconfort (chaud, froid).

<sup>16</sup> Chemillier d'après Vinet Jérôme, Contribution à la modélisation thermo-aéraulique du microclimat urbain. Caractérisation de l'impact de l'eau et de la végétation sur les conditions de confort en espaces extérieurs, thèse de doctorat, 2000. P : 106

## II.5- Les aspects du confort thermique :

Les interactions entre l'homme et l'environnement se déroulent selon trois mécanismes :

- ✦ L'aspect physique : concerne les différents transferts de chaleur entre l'homme et l'environnement
- ✦ L'aspect physiologique : s'intéresse au fonctionnement des récepteurs sensoriels et comment l'information est intégrée.
- ✦ L'aspect psychologique : est l'interaction entre les caractéristiques physiques de l'environnement et leurs résultantes sensorielles chez l'individu.

### II.5.1- L'aspect physique :

#### II.5.1.1- L'échange thermique :

« L'homme produit et échange de la chaleur. Sa production de chaleur interne se répartit dans sa masse corporelle tandis que ces échanges thermiques externes se font à la surface cutanée »<sup>17</sup>. Et étant donné que l'homme se trouve dans un environnement physique (matériel), la diffusion de chaleur entre l'individu et l'ambiance s'effectue selon les lois de la physique : la convection, la conduction, le rayonnement et l'évaporation.

✦ La convection (C) : c'est l'échange de chaleur entre l'organisme et le fluide qui l'entoure (généralement gazeux). Qui représente plus de 35 % des pertes de chaleur. Elle dépend de la vitesse du fluide et la tenue vestimentaire.

-Selon la vitesse de l'air, il existe deux types de convection, la convection naturelle ou libre quand la vitesse de l'air est inférieure à 0,2 m/s et la convection forcée pour des vitesses supérieures à 0,2 m/s (c'est le cas des ventilateurs).

Lorsque la vitesse de l'air est élevée les échanges convectifs influent d'une façon importante sur le bilan thermique de l'individu, « Les échanges par convection sont réduits par les vêtements et augmentent avec la vitesse de l'air, d'où la recherche de courant d'air et le port de tenue légère en été ... Avec une humidité de 50%, un courant d'air de 0,5m/s donne sur la peau nue, une sensation d'abaissement de la température de l'air de 3,5°C »<sup>18</sup>.

Les échanges par convection sont régis par l'équation :

$$C = hc \cdot F_{cl} (T_a - T_{sk}) \dots \dots \dots \text{Eq.2}$$

où : hc : coefficient de transfert de chaleur par convection (w.m.k)

F<sub>cl</sub> : facteur de réduction des échanges de chaleur par les vêtements (chaleur sèche)

T<sub>a</sub> : température de l'air (°C) mesurée.

T<sub>sk</sub> : température cutanée locale (°C).

<sup>17</sup> DuBois cité par Candau V. (2003), "L'homme dans son environnement climatique : facteurs d'influence, thermorégulation, sensibilité et confort thermiques". In : "Habitat, confort et énergie". Actes de la 13<sup>e</sup> Journée du CUEPE, 22 mai 2003, P : 5

<sup>18</sup> www.aren.fr

☛ La conduction : dans le cas où l'individu se trouve en contact direct avec un solide (généralement : le mobilier), le corps humain échange la chaleur avec celui-ci par un mode de transfert qui est la conduction.

C'est un phénomène que l'on retrouve généralement lorsque la personne exerce une tâche de bureau où son corps se trouve fréquemment en contact avec le mobilier. Ce type d'échange dépend de la nature des solides (les propriétés physiques du solide, telle que la conductivité thermique) et leur épaisseur.

Mais dans la majorité des cas on peut le négliger, car il représente 1% de l'ensemble des échanges. En fait, l'impact de la conduction sur le confort thermique est très faible, même si le contact d'un carrelage frais peut apporter une sensation agréable en été, ou à l'inverse, le sable d'une plage ayant une sensation de brûlure.

☛ Le rayonnement (R) : et donné selon l'équation :

$$R = h_r \cdot F_{cl} (T_r - T_{sk}) \dots\dots\dots \text{Eq.3}$$

où:  $h_r$  : coefficient de transfert de chaleur par rayonnement

$T_r$ : température moyenne de rayonnement de l'environnement (°C).

Les échanges par rayonnement à la surface de la peau représentent jusqu'à 35 % du bilan.

Selon Givoni, il existe d'autre élément intervenant sur l'échange thermique entre l'opérateur et l'ambiance, qui est la texture des vêtements, il a dit : « *Le régime de ces relations sera aussi affecté par d'autres facteurs tels que les propriétés des matériaux qui constituent les vêtements et la forme de ces vêtements, qui peuvent varier dans une très grande mesure* »<sup>19</sup>.

☛ L'évaporation (E) : l'évaporation est le moyen le plus efficace pour éliminer la chaleur produite par le corps humain. Elle existe sous plusieurs formes :

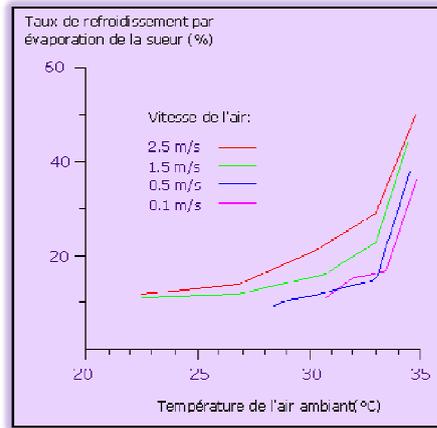
-Au niveau des voies respiratoires : dans les conditions courantes d'activité légère ou de repos, les pertes de vapeur d'eau par les poumons sont environ de 11,5 W (correspond à 360 g d'eau/jour). ces pertes augmentent au cours d'exercices musculaires.

-Au niveau de la peau : les échanges se font à deux manières :

-Diffusion de l'eau des couches superficielles de la peau (perspiration insensible) vers l'extérieur (en générale faible sauf au cours d'exercices musculaires).

-Sudation : l'extraction naturelle de l'eau s'effectue à partir des glandes sudoripares. En générale, La quantité de sueur évaporée est liée aux conditions de l'ambiance entourée par l'homme (l'humidité relative, température et la vitesse de l'air). D'après la figure 8, on remarque le taux de refroidissement par évaporation de la sueur est important avec l'augmentation de la vitesse de l'air et la température de l'air.

<sup>19</sup> GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur; Paris, 1978. P : 40



**Figure-II.8 : Influence de la vitesse de circulation de l'air et de la température ambiante sur le taux de refroidissement par évaporation de la sueur**  
 Source : Gagge A.P cités par Millanvoye M, 2002-2003.

Étant donné que « l'évaporation de chaque gramme d'eau consomme à peu près 0.58 kcal »<sup>20</sup>. La sudation est un élément performant pour lutter contre la chaleur.

C'est le moyen d'évaporation le plus important à condition que la sueur soit effectivement évaporée c'est-à-dire que l'air ambiant soit renouvelé et non saturé en vapeur d'eau.

$$E = h_e \cdot F_{pcl} \cdot w \cdot (P_{sH_2O} - P_{aH_2O}) \dots\dots\dots \text{Eq.4}$$

où :  $h_e$ : coefficient de transfert de chaleur par évaporation.

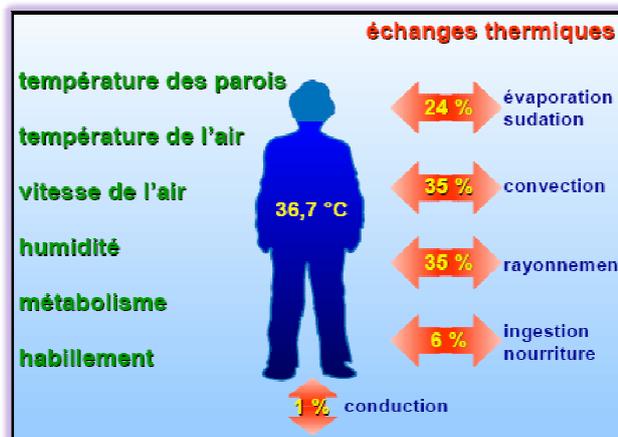
$F_{pcl}$ : coefficient de réduction des échanges de chaleur sensible par les vêtements (chaleur latente).

$w$  : mouillure cutanée allant de 0,1 (peu mouillé) à 1 (très mouillé, évaporation maximale permise par l'ambiance).

$P_{sH_2O}$ : pression partielle de vapeur d'eau à la surface de la peau (mbar).

$P_{aH_2O}$ : pression partielle de vapeur d'eau dans l'air ambiant (mbar).

Il est utile de signaler que le corps perd également environ 6% de sa chaleur à réchauffer la nourriture ingérée.



**Figure-II.9 : les échanges thermiques entre l'ambiance et l'homme**  
 Source : De Herde, André. Liébard, Alain, 2005

<sup>20</sup> GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur; Paris, 1978. P : 45

### II.5.1.2- Le bilan thermique :

Sous des conditions thermiques froides ou chaudes, le corps humain doit maintenir sa température corporelle autour de 36,7°C, cette dernière est l'une des principales exigences pour la santé, le bien-être et le confort. D'une autre manière, pour que l'être humain puisse entretenir ses fonctions vitales et mener ses activités, le corps consomme de l'énergie et produit de la chaleur qu'il doit évacuer.

Le corps améliore alors ses échanges avec l'environnement par des lois de la physique ou par des mécanismes physiologiques régulateurs qui permettent au corps de réguler la quantité d'énergie à produire et les procédés de perte de chaleur de telle manière que l'équilibre puisse être entretenu, parmi ces mécanismes on peut citer par exemple : lors d'un travail forcé les vaisseaux sanguins se dilatent pour que le sang apporte plus la chaleur vers les couches superficielles du corps. C'est tout un environnement dynamique, qui est gouverné par des formes mathématiques (plus, moins ou égale), c'est-à-dire un bilan thermique positif, négatif, ou neutre. L'équation suivante décrit l'échange thermique entre le corps et son environnement :

$$\text{Bilan} = \underline{M} + \underline{C} + \underline{R} - \underline{E} \dots\dots\dots \text{Eq.5}$$

Où : M : flux d'énergie produit par le métabolisme des organes (toujours positif).

R : Les échanges de chaleur par rayonnement

C : Les échanges de chaleur par convection

E : Les échanges de chaleur par évaporation

Selon les différentes conditions (d'ambiance et de travail), le bilan peut être :

#### Bilan > 0 :

L'individu est en hyperthermie

L'organisme emmagasine la chaleur. Les mécanismes de thermolyse ne sont pas suffisamment efficaces et risquent d'engendrer des pathologies.

#### Bilan < 0 :

L'individu est en hypothermie

Dans ce cas l'organisme perd plus de chaleur qu'il en gagne ou qu'il en produit.

Cette situation engendre elle aussi des pathologies.

#### Bilan = 0 :

Zone de neutralité thermique

Quand la température corporelle est stable, les échanges thermiques avec le milieu extérieur égalent à zéro (c'est la situation la plus favorable). L'opérateur se situe dans une zone de neutralité thermique.

## II.5.2- L'aspect physiologique :

L'homme est un homéotherme, c'est-à-dire que sa température centrale est stabilisée à environ 37°C, en dépit des variations de la température extérieure. Il s'agit d'un équilibre entre la thermogenèse (production de la chaleur) et la thermolyse (perte de chaleur).

Cet équilibre permet les performances biologiques, mentales et physiques optimales. Le centre de la thermorégulation se situe dans l'hypothalamus.

### II.5.2.1- Thermo-physiologie du corps humain :

#### Distribution corporelle des températures :

Le corps humain possède deux températures principales : La température centrale et la température de la peau, donc selon ces deux derniers l'homme se décompose en un noyau et un enveloppe extérieur, le dégradé des températures se commence depuis le centre vers l'écorce (la peau). Les limites exactes des températures ne sont pas fixes parce qu'elles dépendent de l'activité musculaires et de l'environnement physique.

✦ La température centrale :

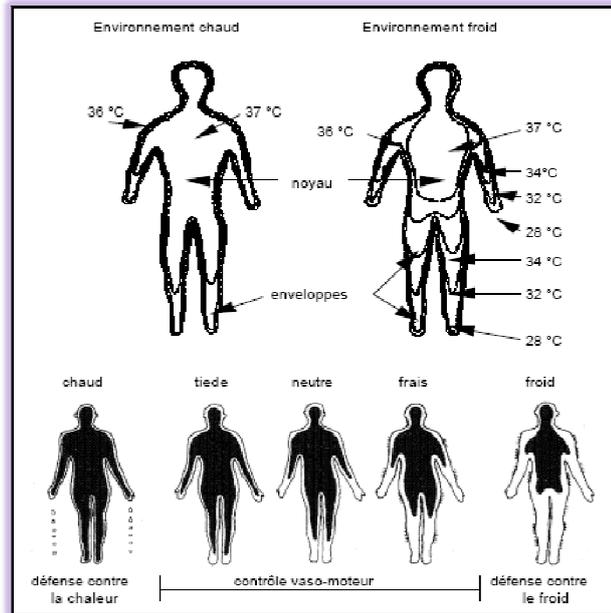
L'homme pour assurer ses fonctions vitales produit de la chaleur, conséquence des réactions chimiques nécessaires au fonctionnement cellulaire. *« Même au repos, une centaine de watts sont produits en permanence et cette énergie dégagée sous forme de chaleur se propage de l'intérieur vers l'extérieur de l'organisme, véhiculée un peu par conduction tissulaire mais surtout par la convection sanguine. La répartition énergétique et les coefficients locaux d'échange de chaleur font que globalement le noyau central est de l'ordre de 37 °C alors que la surface périphérique (peau) est comprise entre 29-30 °C aux pieds et 34-35 °C au niveau de la tête »<sup>21</sup>.*

La limite du noyau central se varie selon l'ambiance thermique (chaude ou froide) et l'activité de l'homme, on rejoint les paroles de Millanvoye.M :

*« Seul le noyau corporel est homéotherme. Le volume du noyau est d'autant plus important que l'activité physique est élevée et l'ambiance plus chaude. Quand l'homme est immobile, au froid, l'enveloppe peut prendre une importance considérable et comprendre des segments corporels entiers »<sup>22</sup>.* (Voir figure-II.10)

<sup>21</sup> Candas V. (2003), "L'homme dans son environnement climatique : facteurs d'influence, thermorégulation, sensibilité et confort thermiques". In : "Habitat, confort et énergie". Actes de la 13<sup>e</sup> Journée du CUEPE, 22 mai 2003, P : 11

<sup>22</sup> Millanvoye.M, "l'ambiance thermique", ergonomie-cours B1-CNAM,ed ;paris , 2002

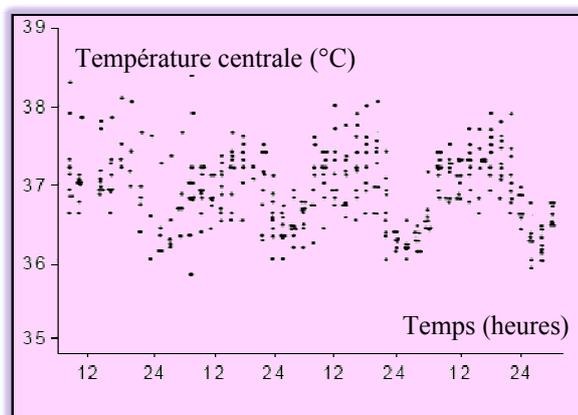


**Figure-II.10 : Taille du noyau central de température constante dans différentes situations.**

Source : Aschoff, Wever et Fox cités par Millanvoye M, 2002-2003.

La température de peau n'est pas affectée par l'activité métabolique (au centre) : elle dépend exclusivement des variations des paramètres extérieurs. Tout changement de l'environnement (températures d'air ou de rayonnement, vitesse d'air) ou de l'isolement vestimentaire peut modifier la température cutanée.

L'étude de Edholm, O.G. et coll sur un groupe de (9 sujets) pendant 4 jours montre que la température centrale de l'homme dépend du temps, avec une valeur minimale la nuit et une valeur maximale le jour, ça explique le rôle du métabolisme de travail et le métabolisme ajoutés, mais aussi l'effet de l'ambiance thermique sur la température centrale). (Voir figure-II.11).



**Figure -II.11 : Température centrale mesurée pendant 4 jours (9 sujets)**

Source : Edholm, O.G. et coll. cités par Millanvoye M, 2002-2003.

Selon Candas.V : « Dans le cas du travail à la chaleur, l'activité physique et le climat chaud augmentent à la fois la température centrale et la température de peau »<sup>23</sup>.

<sup>23</sup> Candas. V, "L'homme dans son environnement climatique : facteurs d'influence, thermorégulation, sensibilité et confort thermiques". In : "Habitat, confort et énergie". Actes de la 13<sup>e</sup> Journée du CUEPE, 22 mai 2003, p : 16

### II.5.2.2- Thermogenèse (production de la chaleur) :

Le métabolisme par définition : « *est le processus par lequel la nourriture absorbée par le corps se combine avec l'oxygène pour générer l'énergie requise pour le fonctionnement des divers organes du corps, tels que la contraction des muscles pendant le travail...* »<sup>24</sup>. C'est l'ensemble des énergies produites par le corps humain, qui sont :

- ✦ Le métabolisme de base : dépense énergétique de l'organisme à la température de neutralité thermique ou à l'état de repos. Selon Givoni la valeur du métabolisme après l'arrêt complet des activités et dans une position couchée est prise comme référence sur le métabolisme de base.

- ✦ Le métabolisme de travail : dépense énergétique dû à l'activité de travail. Dans le cas d'un travail bien précis le métabolisme est relatif à : l'âge, le sexe, le poids et la grandeur.

- ✦ Les métabolismes ajoutés : Particulièrement la digestion.

### II.5.2.3- Thermolyse (perte de chaleur) :

En générale, se sont les mécanismes qui permettent à l'organisme d'évacuer la chaleur vers l'environnement entouré par le corps humain. Quand l'environnement est défavorable (taux d'humidité important, absence de ventilation...), ces mécanismes ne sont plus efficaces et entraînent un stockage de la chaleur excédentaire pouvant engendrer des pathologies à plus ou moins long terme.

### II.5.2.4- Thermorégulation :

D'après Givoni, la thermorégulation est : « *un système complexe de réponses automatiques et volontaires qui gouvernent le taux de perte de chaleur du corps, et dans certains cas, également la production de la chaleur. Bien que dépendant de facteurs physiques tels que des différences de tension de vapeur d'eau et de température entre la peau et l'environnement, l'échange de chaleur superficielle du corps peut être contrôlé par une régulation dynamique des divers systèmes physiologiques et des régimes vestimentaires* »<sup>25</sup>. Deux types de thermorégulations peuvent être distingués : une thermorégulation physiologique végétative dont le but est de garder la température interne du corps à l'alentour de 37°C, et MOUJALLED.B : « *une thermorégulation comportementale, consciente ou inconsciente, qui permettent d'anticiper les changements rapides dans l'environnement afin de limiter les réactions physiologiques perçues comme désagréables* ».<sup>26</sup>

<sup>24</sup> GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur; Paris, 1978. p : 41

<sup>25</sup> GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur; Paris, 1978. p : 52

<sup>26</sup> MOUJALLED Bassam, Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés, thèse de doctorat, Université de Lyon, 2007.P :24

#### **II.5.2.4.1- Thermorégulation végétative :**

La thermorégulation végétative est une défense physiologique du corps humain pour lutter contre une ambiance thermique chaude ou froide (les fluctuations climatiques de l'environnement), afin de stabiliser leur température interne à 37°C. Donc on peut distinguer deux types de thermorégulation végétative :

##### **Contre une ambiance thermique chaude :**

Sous une température élevée, le corps humain réagit de deux manières par le mécanisme d'évaporation et convection, l'augmentation du diamètre des vaisseaux sanguins (la vasodilatation sous-cutanée) favorise les échanges thermiques avec l'extérieur par convection.

Ensuite, l'évaporation de la sueur permet d'évacuer des calories (thermolyse).

##### **Contre une ambiance thermique froide :**

L'organisme accroît sa production de chaleur métabolique (thermogenèse) ou bien réduire les échanges thermiques vers l'extérieur par les mécanismes suivantes :

Face au froid, l'organisme diminue le diamètre des vaisseaux sanguins (vasoconstriction sous-cutanée), donc réduire le débit sanguin et par conséquent les échanges thermiques avec le milieu extérieur. *« Si le froid persiste, l'organisme accroît sa production de chaleur métabolique (thermogenèse) par l'augmentation du tonus musculaire et les frissons d'une part et par les mécanismes d'oxydation dans le foie d'autre part ».*<sup>27</sup>

#### **II.5.2.4.2- Thermorégulation comportementale :**

Des ajustements comportementaux aident l'organisme de limiter l'ensemble des réponses physiologiques et même technologiques par de simple réactions qui se produisent immédiatement ou après réflexion à cause des stimulus climatiques. Selon Narçon, S :

*« Les informations en provenance des différents récepteurs intégrées au niveau cortical, permettent à l'homme de réagir consciemment et de diriger ses comportements pour lutter efficacement contre le froid : il peut réduire les surfaces exposées au milieu extérieur en se repliant sur lui-même, il peut produire de la chaleur en modifiant son activité musculaire, il peut s'isoler et se protéger de l'environnement en utilisant les vêtements, les habitations, et en fuyant les environnements nocifs (recherche d'un abri contre le froid ou le vent) »*<sup>28</sup>.

Si le climat est chaud l'homme cherche encore une fois le confort, mais cette fois avec des ajustements comportementaux contradictoires à ceux d'un climat froid.

<sup>27</sup> Buser & Imbert 1975, cités par Narçon, 2001 : caractérisation des perceptions thermiques en régime transitoire contribution à l'étude de l'influence des interactions sensorielles sur le confort, thèse de doctorat, l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, 2001, p : 8

<sup>28</sup> NARÇON. Sandrine, caractérisation des perceptions thermiques en régime transitoire contribution à l'étude de l'influence des interactions sensorielles sur le confort, thèse de doctorat, l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, 2001, p: 8

Par ailleurs, l'homme peut favoriser les pertes thermiques en augmentant les surfaces exposées au milieu extérieur (changement de position, retrait de vêtements), limiter la production de chaleur métabolique en minimisant ses efforts physiques, et se protéger de la chaleur, en se mettant à l'ombre par exemple »<sup>29</sup>. Le degré des réactions physiologiques et comportementale dépend bien sure de l'ambiance où se trouve l'individu de leur activité mais aussi par le mécanisme de l'acclimatement.

**La régulation technologique :** « Complémentaire à l'adaptation comportementale, la régulation technologique est considérée aussi comme un moyen efficace de thermorégulation à travers la conception des constrictions offrant des environnements internes adaptés à l'occupant humaine »<sup>30</sup>.

La figure II.12 explique le principe des différents types de thermorégulation.

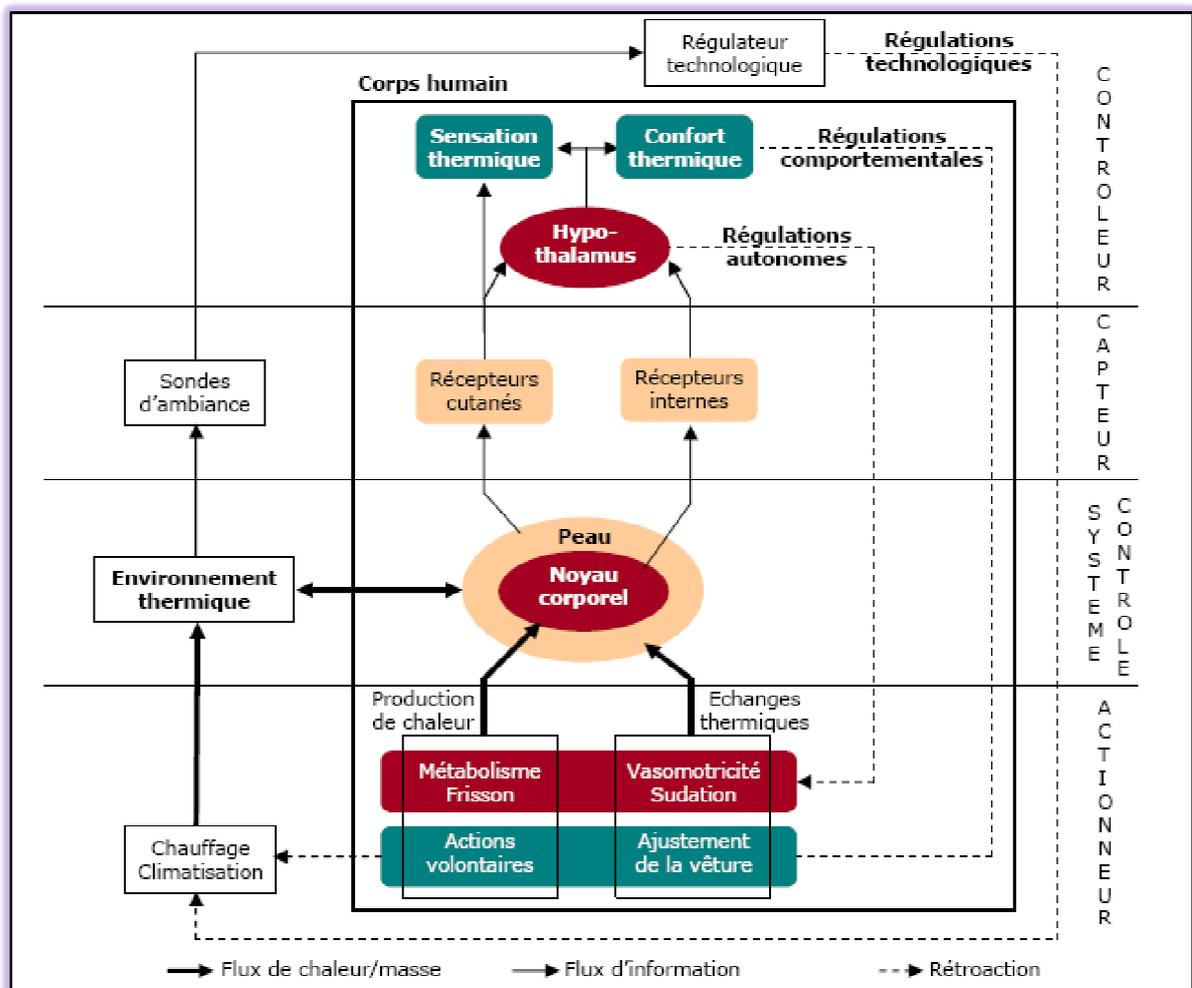


Figure-II.12 : Thermorégulation végétative, comportementale et technique  
 Source : Moujalled .B, 2007.

<sup>29</sup> NARÇON. Sandrine, caractérisation des perceptions thermiques en régime transitoire contribution a l'étude de l'influence des interactions sensorielles sur le confort, thèse de doctorat, l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, 2001, p : 10

<sup>30</sup> MOUJALLED Bassam, Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés, thèse de doctorat, Université de Lyon, 2007.P :27

### II.5.3- L'aspect psychologique :

Au delà des aspects physiques et physiologiques du confort thermique on trouve l'aspect psychologique du confort thermique. D'une manière générale la sensation thermique est relative à des paramètres liés à l'occupant comme l'âge, le poids, le sexe... et d'autres sont liés à l'ambiance du local, la couleur de l'ambiance peut ainsi faire évoluer la sensation de confort ou d'inconfort ressenti. La classification thermique des couleurs, associée à la notion de température de couleur, permet de définir des couleurs froides (le bleu ou le vert), et des couleurs chaudes (le rouge ou le jaune). L'influence de la couleur sur la perception du confort thermique demeure toutefois encore largement méconnue.

### II.6- Approche sensorielle :

Selon Givoni, la détermination des réponses subjectives des usagers est relative à leurs propres sensations vis-à-vis d'une ambiance thermique bien précise. Ce processus est à l'inverse des réponses physiologiques qui peuvent être mesurées de manière objective.

#### II.6.1- La sensation thermique :

La détermination des réponses subjectives d'une ambiance thermique bien déterminée dépend de la propre évaluation de la personne soumise à ce contexte. Selon Narçon « *Afin de percevoir son environnement et de pouvoir réagir en conséquence, de manière autonome ou volontaire, l'être humain est équipé de capteurs sensoriels. Ils constituent une interface entre le sujet et le monde extérieur. Les mécanismes sensoriels sont les mêmes, quelle que soit la stimulation* »<sup>31</sup>. De ce fait, la perception de la chaleur ou du froid ambiant est le résultat d'une activité nerveuse ayant son origine aux thermorécepteurs qui se trouvent aux extrémités des nerfs. Il existe deux types de thermorécepteurs : pour la chaleur et pour le froid.

La sensation thermique correspond à l'aspect qualitatif et quantitatif de la perception de l'état thermique personnel. « *Elle est liée aux messages sensoriels des différents thermorécepteurs informant l'hypothalamus qui les intègre en une information globale capable de donner information de l'état thermique de l'individu* »<sup>32</sup>. Dont la fréquence de l'information est proportionnelle à la température. « *Les thermorécepteurs sont capables d'adaptation, c'est-à-dire que leur activité s'estompe avec le temps alors que le stimulus perdure. Ceci a pour conséquence que la même exposition à un stimulus donné engendrera des activités (donc des sensations) différentes selon la température d'adaptation initiale* »<sup>33</sup>

<sup>31</sup> NARÇON. Sandrine, caractérisation des perceptions thermiques en régime transitoire contribution à l'étude de l'influence des interactions sensorielles sur le confort, thèse de doctorat, l'École Pratique des Hautes Etudes, 2001, p : 9

<sup>32</sup> Narçon d'après MOUJALLED Bassam, Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés, thèse de doctorat, Université de Lyon, 2007. p : 36

<sup>33</sup> Candas. V, "L'homme dans son environnement climatique : facteurs d'influence, thermorégulation, sensibilité et confort thermiques". In : "Habitat, confort et énergie". Actes de la 13<sup>e</sup> Journée du CUEPE, 22 mai 2003, p : 12

### II.6.2- Échelles de sensation thermique :

Certaines études ont abouti à la création d'une échelle de variation de la sensation thermique allant du chaud au froid en 7 étapes (tableau-II.4), dont la différence entre une étape et une autre qui la succède environ 3°C. La zone de confort de cette échelle est susceptible de varier entre 17 et 31°C selon les conditions climatiques et l'activité de l'opérateur. Pour évaluer la sensation thermique, différentes échelles ont été développées, les plus largement utilisées sont l'échelle de Bedford et l'échelle de l'ASHRAE.

Echelle Bedford	Echelle ASHRAE	Indice numérique
beaucoup trop chaud	chaud	7
trop chaud	tiède	6
confortablement tiède	légèrement tiède	5
confortable	neutre	4
confortablement frais	légèrement frais	3
trop frais	frais	2
beaucoup trop frais	froid	1

**Tableau-II.4 : Echelles de sensation thermique**

Source : Millanoye M. (2002), "L'ambiance thermique". Ergonomie - Cours B1- CNAM ed. Paris. In : "www.cnam.fr".

L'échelle de l'ASHRAE est préférée à celle de Bedford qui confond l'agrément et la sensation.

On peut distinguer aussi les échelles d'évaluation et de préférence d'une sensation thermique, qui sont l'échelle d'agrément et de préférence. Les méthodes d'évaluation des ambiances thermiques à l'aide des jugements subjectifs sont relatives à la norme internationale ISO 10551, le tableau-II.5 résume les différentes sensations, évaluation et de préférence d'une ambiance thermique bien déterminée.

Echelle de jugements perceptifs (sensation)	Echelle de jugements d'évaluatifs	Echelle de préférence thermique
+3 Très chaud	4 Acceptable	+3 Beaucoup plus chaud
+2 Chaud	3 Légèrement inacceptable	+2 Plus chaud
+1 Légèrement Chaud	2 Inacceptable	+1 Un peu plus chaud
0 Neutre	1 Très inacceptable	0 Ni plus chaud ni plus froid
-1 Légèrement froid		-1 Un peu plus froid
-2 Froid		-2 Plus froid
-3 Très froid		-3 Beaucoup plus froid

**Tableau-II.5 : Les échelles de jugements subjectifs sur les conditions thermiques**

Source : Moujalled .B, 2007. P : 40

Il faut noter que la meilleure évaluation d'une ambiance thermique c'est celle qui passe par les trois étapes qui sont : la sensation, l'agrément et enfin la préférence.

## II.7-Les stratégies d'évaluation du confort thermique :

Les stratégies d'évaluation du confort thermique représentent l'ensemble des instruments d'aide à la conception, à partir de l'analyse des données climatiques on peut ressortir un nombre de recommandations qui sert à améliorer l'espace habité ou bien à le remédier. Les solutions architecturales proposées par ces méthodes concernent les deux périodes : chaude et froide et même journalière. Dans ce qui suit, on va présenter quelques indices thermiques et ensuite deux méthodes d'analyse bioclimatique.

### II.7.1-Les indices thermiques

Ces indices sont de différents types. Tous les chercheurs dans ce domaine ont essayé de présenter un abaque sur lequel un nombre donné peut correspondre à diverses combinaisons des variables climatiques, des vêtements et, dans la plupart des cas, du travail. selon Givoni.B : *« il est nécessaire d'évaluer les effets combinés des facteurs d'ambiance sur les réponses physiologiques et sensorielles du corps et d'exprimer toute combinaison de ceux-ci sous la forme d'un seul paramètre. Ainsi tous les facteurs sont combinés à l'intérieur d'une seule formule, connue sous le nom d'indice thermique »*<sup>34</sup>.

#### II.7.1.1-Indice de la température effective (E.T) :

Entre 1923-1925, le laboratoire de recherche de « l'American society of heating and air conditioning engineers » (A.S.H.A.C.E) a développé un indice qui s'appelle "l'indice de la température effective" représenté sur un abaque en fonction d'une combinaison des facteurs climatiques et qui sont : la température de l'air, l'humidité, et la vitesse de l'air. Les limites des facteurs climatiques couverts par la température effective sont :

- ✦ Température d'air : 1 à 43 °C
- ✦ Température à bulbe humide : 1 à 43 °C
- ✦ Vitesse d'air : 10 à 350 cm/s.

L'indice a été effectivement utilisé pour prescrire la limite des contraintes thermiques sur des recrues marines non acclimatées aux U.S.A. Il a été recommandé que la formation des recrues devrait cesser quand l'indice a atteint 29.40 °C et toute l'activité ardue dévie.

Les expériences ont basé sur la réaction humaine pour déterminer les effets des combinaisons liés aux facteurs d'ambiance, où les sujets se déplacent entre deux pièces. Deux échelles sont développées, pour des sujets à demi-nus et pour des sujets habillés de vêtements d'été.

Il existe deux abaques, l'un se rapportant à des hommes travaillant nus jusqu'à la ceinture, l'autre à des hommes complétement habillés pour le travail sous abri.

<sup>34</sup> GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur; Paris, 1978. p : 93

F.E .Smith a proposé une modification sur cet indice, il introduit le taux de sudation comme une variable dépendante à l'indice de la température effective selon différents métabolismes. L'indice de la température effective est encore celui qui est utilisé largement, il a le mérite de la simplicité et n'exige pas d'instrumentation sophistiquée.

Les incertitudes sur cet indice se manifeste, car il est basé sur des impressions thermiques instantanées et ne prend pas en considération les effets de la chaleur radiante lors de l'élaboration de l'indice (la température effective original). Soutenant encore par ça l'avis de Givoni.B : « *Son emploi dans la comparaison des différentes ambiances, ou dans le choix d'alternatives pour la conception des bâtiments et du conditionnement d'air, peut en certains cas conduire à des résultats erronées* »<sup>35</sup>

### II.7.1.2-Indice de la température résultante (T.R) :

L'indice de la température résultante est proposé par Missenard A. (1959).cet indice est basé sur l'hypothèse que l'équilibre thermique serait maintenu entre le corps et l'ambiance (la température humide, la vitesse de l'air, le métabolisme, et les vêtements) malgré les variations de l'humidité et la vitesse de l'air, appliqués sur des sujets au repos sans aucune activité.

Cet indice est également basé sur la température de l'air saturé, ses relations avec les réactions physiologiques sont non linéaires, comme pour l'indice de la température effective (T.E), seulement la durée d'exposition des sujets aux conditions climatiques est plus longue.

Cet indice est encore dénommée température opérative, selon Martinet.C et Meyer J.P la température opérative est définie comme la température d'une enceinte virtuelle où la température de l'air et la température radiante sont égales, ce qui induit le même flux d'échange de chaleur par convection et rayonnement.

« *Si la vitesse de l'air est nulle ou négligeable, ce qui est souvent le cas lorsqu'il n'y a pas de courant d'air, la température opérative est la moyenne arithmétique de la température de l'air et de la température radiante. Si la vitesse de l'air vaut 2m/s ou plus, la température opérative est égale à la température de l'air, les surfaces environnantes n'ont plus d'effet sensible* »<sup>36</sup>. On peut calculer la température opérative selon l'équation suivante :

$$Top = a Ta + (1-a)Tr \quad \dots\dots\dots \quad Eq.6$$

Où : Top = température opérative (°C)

a = 0,5 + 0,25v, a = facteur obtenu selon la vitesse de l'air (v), Ta = température de l'air (°C),

Tr = température moyenne de radiante (°C), v : la vitesse de l'air

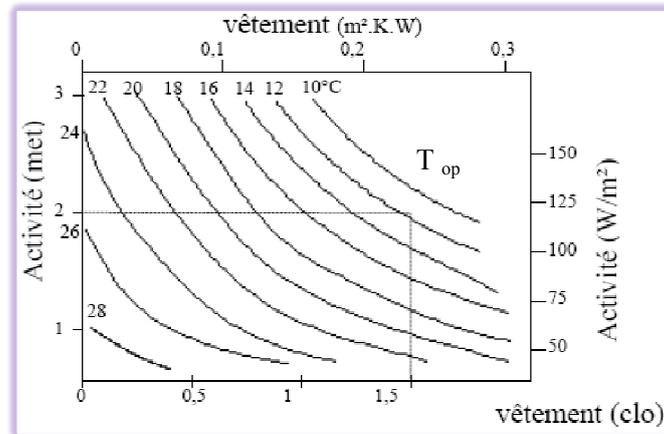
Suivant les normes de l'ISO 7730 les seuils de confort pour la température opérative sont comme suit : - Pour l'été : 22.5°C < Top < 28°C

<sup>35</sup> GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur ; Paris, 1978. p : 97

<sup>36</sup> SDS

-Pour l'hiver :  $20^{\circ}\text{C} < T_{op} < 23.5^{\circ}\text{C}$

La figure suivante (II.13) donne la température opérative idéale (un PMV nul en fonction des conditions suivantes : le métabolisme, l'habillement, la vitesse de l'air moins de 0,1m/s, et une humidité relative varie entre 35 à 65 %). A titre d'exemple, à un isolement vestimentaire lourd de 1.5 clo pour un métabolisme de travail très léger estimé à 2 met, la température opérative optimale de confort doit être de 12.2 °C.



**Figure-II.13 : La température opérative idéale en fonction du métabolisme et l'habillement**

Source : Vogt J.J, 1985 cités par Martinet C. & Meyer J.P, 1999.

### II.7.1.3-Le taux de sudation prévu après quatre heures d'exposition (TSP4) :

L'indice « taux de sudation prévu après quatre heures d'exposition : TSP4 » a été développé par Mc Ardle et al, pendant la 2<sup>ème</sup> guerre mondiale au « *royal naval research establishment* » en Angleterre. L'expérimentation estime le taux de sudation chez des hommes exposés en laboratoire à diverses ambiances et auxquels étaient imposées différentes dépenses énergétiques. Le TSP4 permet une estimation fiable de la contrainte thermique vue sa corrélation entre plusieurs grandeurs physiques de l'ambiance thermique, ainsi que les caractéristiques de l'individu (production de la chaleur métabolique et deux types de vêtements). On peut lire les valeurs de l'indice sur l'abaque à partir des températures de bulbe sec et humide et de la vitesse de l'air. Encore, l'expérimentation ne réside pas sur des impressions instantanées, mais sur une réaction physiologique après quatre heures d'exposition à différentes ambiances.

Mais, son application aux ambiances à degré d'humidité faible est imprécise ; elle n'est donc pas recommandée lorsque celui-ci descend à moins 40%. Donc l'emploi de l'abaque TSP4 est acceptable pour des contraintes thermiques modérées à fortes.

Les domaines des conditions climatiques couvertes par l'indice sont : température de globe entre 27 à 57°C, température au bulbe humide (T.B.H) : 16 à 36 °C, vitesse du vent : 5 à 250

cm/s, niveau de métabolisme : 54 à 200 Kcal/m<sup>2</sup> .h, vêtements : shorts seulement ou short et une chemise.

#### II.7.1.4-Indice de contrainte calorifique (I.C.C) :

En 1936, Winslow et al ont introduit la notion de calorimétrie fractionnelle, c'est-à-dire la détermination des quantités de chaleur échangées par les diverses voies selon les principes de la physique. Après, en 1955 Belding & Hatch ont les utilisés dans la définition d'un nouvel indice de contrainte thermique (I.C.C). Celui-ci est déduit des flux de chaleur échangés avec l'ambiance par rayonnement et par convection ( $R + C$ ) et de la production de chaleur métabolique ( $M$ ) dont la somme représente la charge thermique totale à dissiper par évaporation ( $E_{req}$ ) pour maintenir l'équilibre thermique.

L'indice a été basé sur plusieurs hypothèses d'ordre physiologique.

- ☛ Au repos, la contrainte thermique totale exerçant sur les sujets est égale à l'évaporation requise de la sueur.  $E=M +R+C$  ..... Eq.7  
Où : R : rayonnement, C : convection, M : métabolisme, E : évaporation
- ☛ L'effort physiologique imposé au corps par une contrainte calorifique donnée est déterminé par le rapport de l'évaporation requise sur la capacité évaporatoire maximale de l'air  $E_{max}$ .
- ☛ Lorsque le corps est soumis à la contrainte calorifique, la température cutanée est maintenue stable.
- ☛ Après huit heures d'exposition aux effets de l'ambiance pour une personne moyenne, la capacité maximale de sudation est estimée à 1L/jour pour donner une valeur de refroidissement de 600 kcal/h.

Les domaines des facteurs couverts par l'I.C.C sont : température du bulbe sec : 21 à 49 °C, tension de vapeur d'eau : 3 à 42 mm Hg, une vitesse d'air entre : 0.25 à 10 m/s et un métabolisme : 100 à 500 Kcal/h

#### II.7.1.5-Indice de contrainte thermique (I.C.T) :

Indice de contrainte thermique est tiré de plusieurs équations qui forment un modèle mathématique décrivant les mécanismes biophysiques, qu'implique le maintien de l'équilibre thermique entre le corps et le milieu ambiant, compte tenu des variations du pouvoir thermolytique de la sudation. Cet indice fournit une estimation linéaire continue de la contrainte thermique ; il est utilisable pour évaluer l'astreinte physiologique lorsque la sudation reflète la charge thermique.

Les domaines des facteurs couverts par l'I.C.T. sont : température d'air : 20 à 50 °C, tension de vapeur d'eau : 5 à 40 mm Hg, vitesse d'air : 0.1 à 3.5 m/s, rayonnement solaire : totalité du

domaine 600 Kcal/ h, métabolisme : 100 à 600 Kcal/h, tenue vestimentaire : semi nudité, vêtement léger d'été, combinaisons industrielles ou militaires.

### II.7.1.6-PMV et PPD :

Le PMV et PPD sont des modèles d'évaluation des conditions du confort thermique développé par Fanger. L'indice de vote moyen prévisible (PMV, Predicted Mean Vote) est un indice d'évaluation du climat intérieur selon une échelle comporte sept réponses :

(+ 3 chaud), (+ 2 tiède), (+ 1 légèrement tiède), (0 neutre), (- 1 légèrement frais), (- 2 frais), (- 3 froid). L'indice PMV peut se calculer d'après les équations de référence en fonction des paramètres suivants : activité physique, degré d'habillement, température sèche, pression partielle de la vapeur d'eau, température rayonnante moyenne et vitesse d'air.

La sensation thermique n'étant pas suffisante pour exprimer le confort, Fanger a proposé un autre indice qui complète le PMV, le « PPD » (pourcentage prévu des insatisfaits). Cet indice donne des informations sur le pourcentage de la population insatisfait vis-à-vis d'une ambiance thermique. Les expériences réalisées par P.O. Fanger avec des groupes de personnes confirment qu'il existe une relation entre les indices et cela selon l'équation suivante :  $P.P.D. = 100 - 95 \cdot \exp[-(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2 \cdot PMV^2)]$  ..... Eq.8

Selon la norme ISO, l'ambiance thermique est acceptable ou propice au confort thermique pour la majorité des personnes qui y sont soumise, quand le PMV est compris entre les deux sensations légèrement tiède et légèrement frais :  $-1 < PMV < +1$

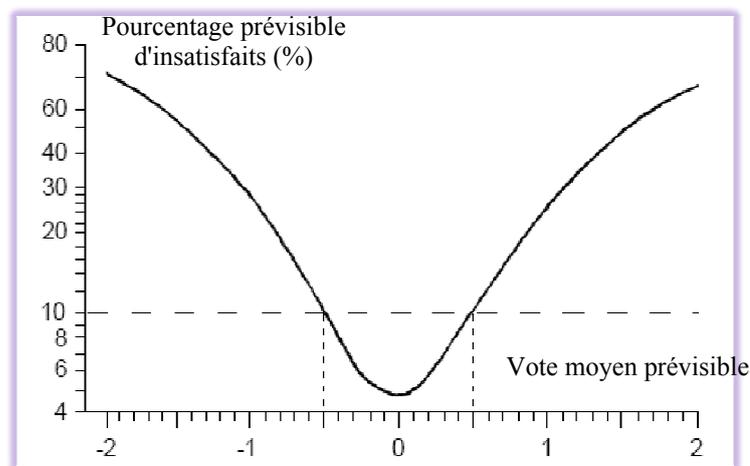


Figure-II.14 : Détermination du pourcentage prévisible 'insatisfaits (PPD) en fonction du vote moyen prévisible (PMV)

Source : Millanoye M. (2002)

### II.7.1.7-Indice (WBGT) :

L'indice (WBGT) est l'abréviation de Bulb Glob Température fait l'objet de la norme internationale ISO 7243. Dans un souci de simplification, il ne requiert que le mesurage de la température du globe noir (Tg) et de la température humide naturelle (T hn).

### II.7.2- Les méthodes d'analyse bioclimatique :

Les diagrammes bioclimatiques se sont des méthodes pour analyser le climat d'une région en utilisant les données climatiques et cela permet de prédire la zone de confort humain, ils proposent également, des moyens d'intervention par des dispositifs architecturaux ou techniques qui peuvent rétablir la zone de satisfaction thermique.

L'intérêt principal du diagramme bioclimatique réside sur la possibilité d'avoir des réponses qui peuvent aider les concepteurs dans leurs tâches, en d'autres termes, les moyens architecturaux de contrôle climatique.

#### II.7.2.1- Méthode d'Olgay :

La méthode d'Olgay a été la première expérience pour systématiser l'adaptation de la conception des bâtiments aux exigences des conditions climatiques. Selon Givoni.B : « *Cette méthode est basée sur un «diagramme bioclimatique» mettant en évidence la zone du confort humain en relation avec la température d'air ambiant et l'humidité, la température radiante moyenne, la vitesse du vent, le rayonnement solaire et la perte de chaleur évaporative* »<sup>37</sup>

La structure générale du diagramme d'Olgay est basée sur trois zones (voir figure II.15) :

*La zone de confort* : au centre

*La zone du froid* : qui nécessite le chauffage passif (rayonnement solaire) ou actif pour rétablir le confort.

*La zone du chaud* : se situe au dessus de la ligne d'occultation où il est nécessaire d'introduire : l'occultation solaire, la vitesse de l'air, ou le refroidissement par évaporation

Selon B.Givoni la méthode d'Olgay s'effectue selon la démarche suivante :

- Compilation des données climatiques locales, comprenant les températures, le vent, les rayonnements et l'humidité.
- Constitution d'un catalogue des données climatiques sur une base annuelle, et mise au point d'une série de diagrammes montrant la répartition annuelle des éléments du climat.
- Report des données rassemblées sur la température ambiante et l'humidité sur le diagramme bioclimatique.
- Établissement des facteurs de conception, tels que les formes du bâtiment et l'orientation, la position, la taille et la protection des ouvertures et des baies vitrées etc. Pour compenser les inconvénients des conditions climatiques ambiantes en «maximisant» le chauffage pendant la période de «sous-échauffement" et en le «minimisant» pendant le «surchauffement».

<sup>37</sup> GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur; Paris, 1978. p : 324

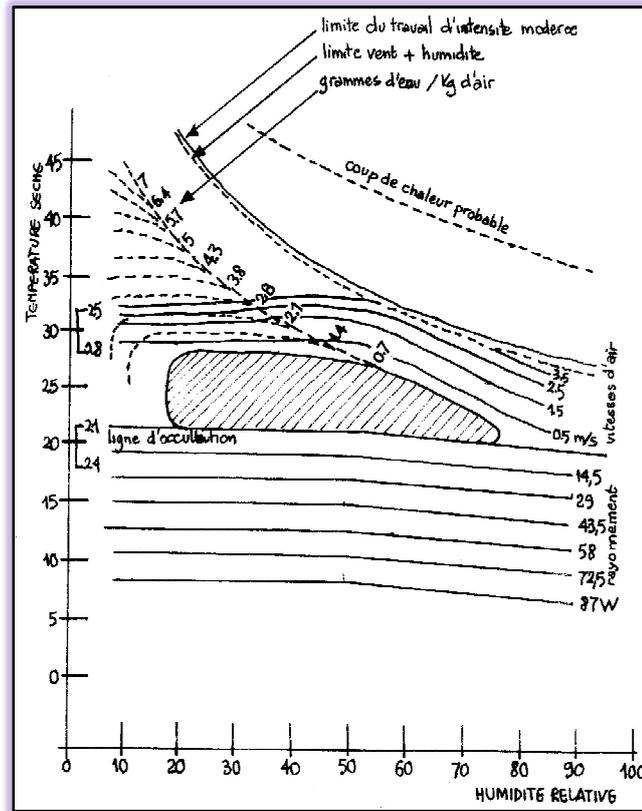


Figure-II.15 : Diagramme bioclimatique de Olgyay

Source : traduit par Mazouz 2001, d'après Olgyay, 1973

### II.7.2.2- Méthode de GIVONI :

Pour évaluer les exigences physiologiques du confort, Givoni a utilisé dans la présente méthode l'indice de contrainte thermique, cette analyse sert à déterminer les grandes lignes de la conception du bâtiment qui permettent de garantir le confort ; mais également propose une estimation de l'ambiance intérieure attendue basée sur le climat extérieur.

L'analyse se déroule comme suit :

➤ *Analyse du climat* : l'analyse prend en considération les données extrêmes diurnes du climat, c'est-à-dire les valeurs maximales et minimales des facteurs climatiques pour bien préciser les zones de sur-échauffement et de sous-échauffement.

➤ *Choix de l'approche dans les climats chauds* : l'évaluation du confort intérieur est basée sur deux méthodes : la ventilation efficace et la réduction de la température

➤ *Diagramme bioclimatique du bâtiment* : le Diagramme bioclimatique montre les moyens d'intervention pour lutter contre les fluctuations climatiques extérieurs par des dispositifs architecturaux ou techniques qui peuvent être utilisés. Ce diagramme a été élaboré selon les conditions suivantes :

-Conditions liées aux occupants :

Ce diagramme a initié pour des sujets acclimatés, au repos ou engagés dans une activité sédentaire, avec un habillement de l'ordre de 1 clo.

-Conditions liées à la protection contre le rayonnement solaire :

Il est supposé que les apports solaires sont négligeables à travers toute l'enveloppe (l'enveloppe a des protections solaires efficaces), sauf en climat froid, l'énergie solaire peut être signalée.

-Conditions liées aux bâtiments :

L'analyse bioclimatique est faite pour des bâtiments non climatisés ni chauffés.

Ces hypothèses étant posées pour faire ressortir les différentes zones : de confort, de sur-échauffement en été et de sous-échauffement en hiver. Et donc, il s'agit de proposer les mécanismes pour remédier les anomalies climatiques.

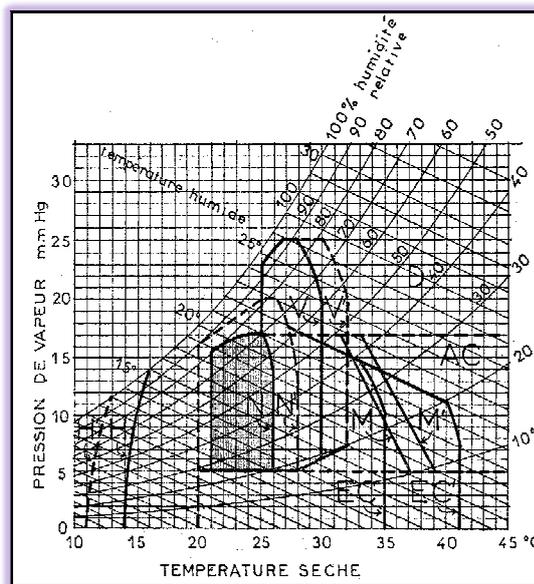


Figure-II.16 : Diagramme psychrométrique de Givoni

Source : Givoni, 1978

- La figure II.16 montre la plage des conditions de confort sous lesquelles le confort est accessible en contrôlant seulement les températures intérieures en l'absence de la ventilation.

La limite des conditions supportables est notée par la zone (N') où la température à la limite supérieure de cette zone est entre 26 et 28 °C pour des tensions de vapeur d'eau de 5 et 20 mm de mercure, mais on peut également aller jusqu'à la droite (M) pour avoir le confort supportable. (M') est la lisière au-delà d'elle c'est de l'inconfort.

« Les températures limites de ces zones sont inversement proportionnelles à la tension de vapeur d'eau, variant entre 31 et 33 °C à 17 mm Hg et 37 et 39 °C à 5 mm Hg »<sup>38</sup>.

(les zones consternées sont : (M), (M'))

- (V), (V') se sont des zones qui nécessitent l'utilisation de la ventilation pour atteindre le stade de confort.

<sup>38</sup> GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur ; Paris, 1978. p : 328

La zone limitée par la droite (V) s'applique aux bâtiments ordinaires qui ne sont pas spécifiquement conçus pour diminuer l'échauffement, et pour la zone (V') est destinée aux constructions de moyenne et forte résistance thermique avec des surfaces extérieures blanches. Les deux zones s'étendent respectivement entre 28 et 30 °C à 25 mm Hg et entre 30 et 32°C à 5 mm Hg.

Dans le cas où la tension de vapeur d'eau est de 17mm Hg et 32°C, il y a une aire intermédiaire dans laquelle le recours à la fois à la ventilation et au contrôle de température est possible, bien que l'on puisse atteindre la nuit des températures plus basses avec la première et que ce déficit de chaleur soit stocké dans la construction pendant la journée.

-EC et EC' délimitent les régions où le refroidissement par évaporation est applicable pour des bâtiments ordinaires et pour les bâtiments blancs bien isolés.

Au-delà de toutes les zones citées au dessus, les matériaux de construction et l'évaporation pour assurer le confort thermique à l'intérieur des bâtiments, on doit avoir recours aux systèmes de réfrigération mécaniques et d'air conditionné. Sur le diagramme cette zone est indiquée par la droite AC.

A des températures situées entre 20 et 27°C et une tension de vapeur d'eau inférieure à 5 mm Hg, une humidification supplémentaire est nécessaire pour éviter l'irritation (zone W).

Au delà de la zone neutre Les limites de cette zone (H et H') dépendent des propriétés de la structure des bâtiments.

**Conclusion :**

L'étude des ambiances est interdisciplinaire, elle représente la combinaison entre trois approches qui sont d'ordre physique, sensible, émotionnelle. En ce sens, l'ambiance n'est pas restreinte aux simples données environnementales si pertinentes soient-elles, mais elle est essentiellement constituée par des représentations perceptives. Une ambiance thermique de sa part se varie selon le facteur spatio-temporelle et climatique, d'un lieu varie selon le jour, l'heure, la météo et les utilisateurs. Pour une appréhension de ce phénomène, il est nécessaire d'analyser le système qui forme l'interaction entre habitat et l'occupant.

Aussi, le confort thermique est un élément essentiel pour le bien être de l'occupant dans son environnement bâti. La prise en compte de celui-ci dans l'habitat implique de considérer leur différents aspects. Les paramètres qui influencent le confort thermique peuvent être divisés en deux types : les paramètres physiques (telles que la température de l'air, la vitesse de l'air..) et les paramètres d'ordre personnels (comme l'habillement, l'activité). L'homme est un homéotherme, il doit maintenir sa température interne voisine de 37°C, l'adaptation à chaque ambiance implique des réponses d'ordre physiologique, comportementale et parfois technique pour assurer l'équilibre entre le corps et l'environnement.

De ce fait, certaines donnent la définition en intégrant des facteurs physiologiques, comme les travaux de Givoni, qui présente le confort thermique comme étant l'ensemble des conditions pour lesquelles les mécanismes thermorégulateurs du corps sont à un niveau d'activité minimum (évaluation objective), alors que Fanger définit le confort de point de vue des éléments sensoriels du confort, pour lui le confort est un état d'esprit exprimant la satisfaction de son environnement, c'est l'évaluation subjective. Ces études traitent l'effet combiné des paramètres physiques pour connaître les limites de la zone de confort thermique et proposent des indices et de diagrammes bioclimatiques. De nombreux indices sont disponibles pour calculer a priori les sensations thermiques d'un individu en fonction des variables citées précédemment. Les plus connus sont le PMV, et le PPD. Cependant, leur utilisation reste limitée à des ambiances modérées, stationnaires et homogènes c'est-à-dire une proportion infinitésimale des cas rencontrés dans le bâtiment.

## *Quelques notions sur la thermique du bâtiment*

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

### **Introduction :**

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

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

---

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

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

### III .1- Notion de chaleur et de température :

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

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

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

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

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

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

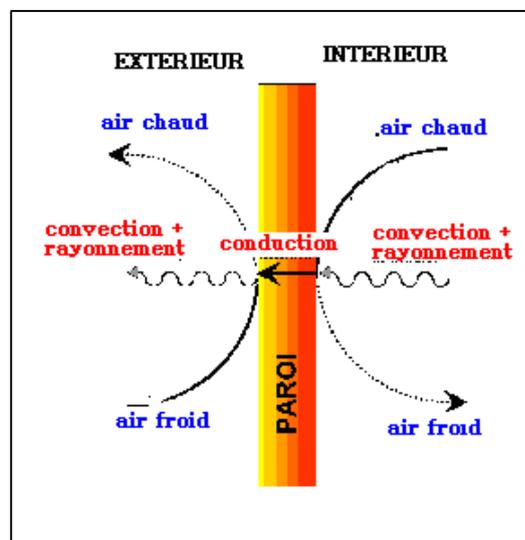


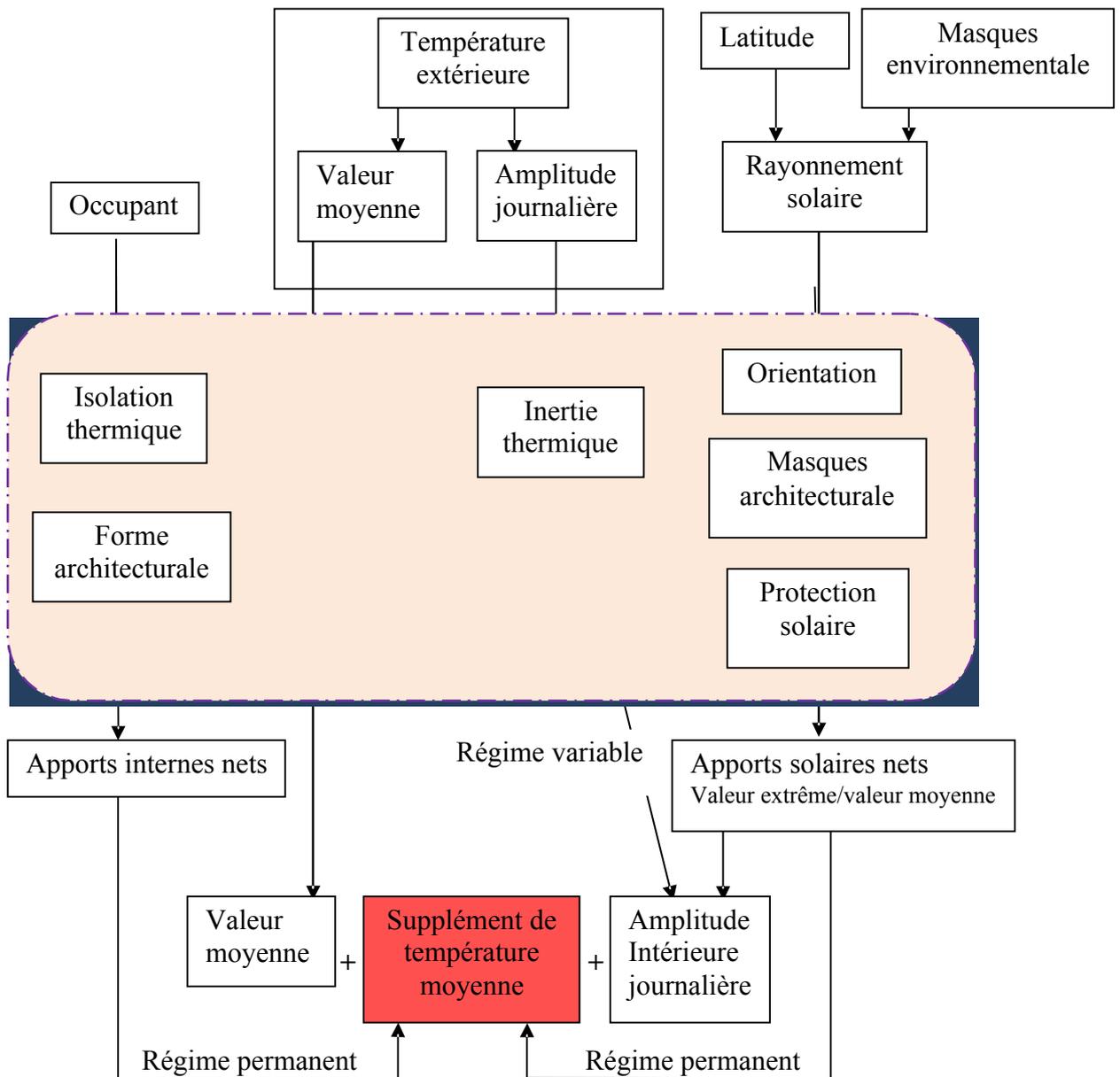
Figure-III. 1: les modes de transfert de chaleur à travers une paroi.

Source : [www.bilan.thermique.com](http://www.bilan.thermique.com) (consulter mars 2009)

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

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

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



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

Source : Izard JL, 1993, p : 21

### III .2.1- Forme architecturale :

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

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

#### ✦ **Hauteur du bâtiment :**

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

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

#### ✦ **géométrie de l'enveloppe :**

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

#### **Rapport surface au volume (RSV) :**

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

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

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

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

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

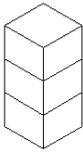
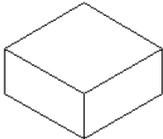
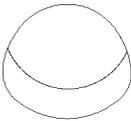
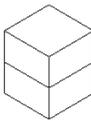
Numéro du Cas	Le volume et les surfaces	RSV et RSSP
Cas N°1 	Volume total : 900m <sup>3</sup> Surface enveloppe : 460m <sup>2</sup> Surface plancher Niveau 1 : 100m <sup>2</sup> Niveau 2 : 100m <sup>2</sup> Niveau 3 : 100m <sup>2</sup> Total : 300m <sup>2</sup>	RSV = 0,511 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>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

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

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

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

### III .2.2- L'orientation :

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

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

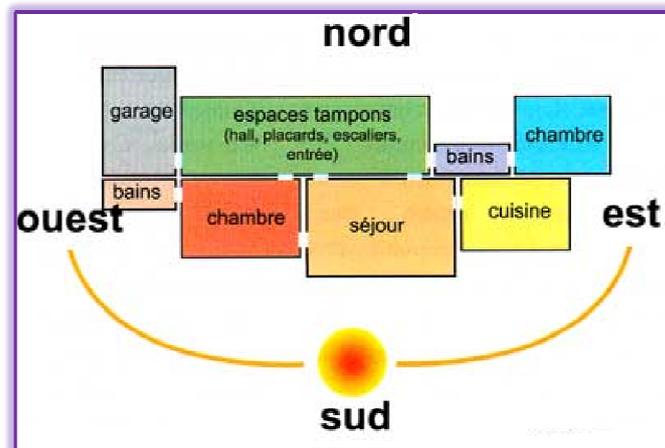


Figure-III. 3: L'orientation des espaces

Source : (ADEME)

### III .2.3- L'inertie thermique :

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

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

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

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

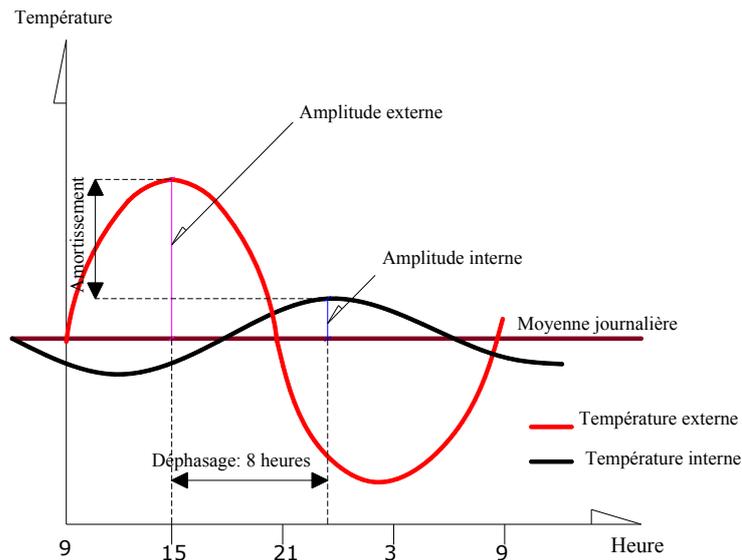
$\rho$  : la masse volumique du matériau ( $Kg/m^3$ )

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

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

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

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



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

**III .2.4- Isolation thermique :**

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

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

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

**III .2.5- Systèmes d'occultation :**

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

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

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

Les systèmes d'occultation peuvent avoir plusieurs formes :

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

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

- ↻ Les protections solaires fixes :

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

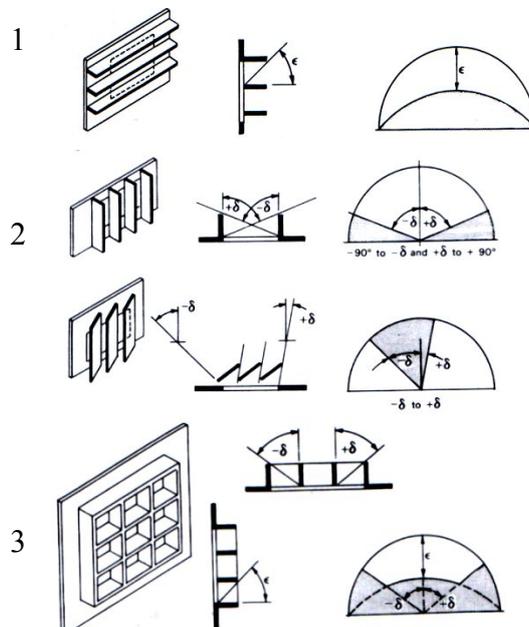


Figure-III. 5: Type d'occultation horizontale (1), verticale (2) et combinée (3).

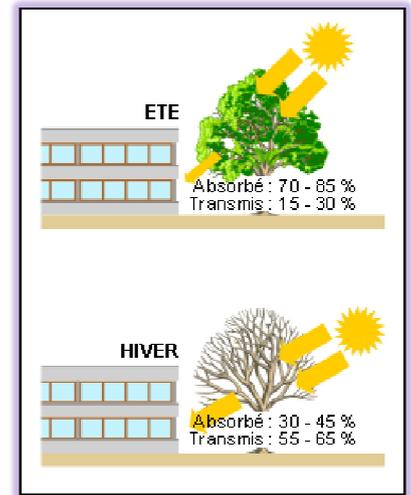
Source : S V SZOKOLAY, 1980

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

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

Systemes d'occultation naturelle :

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

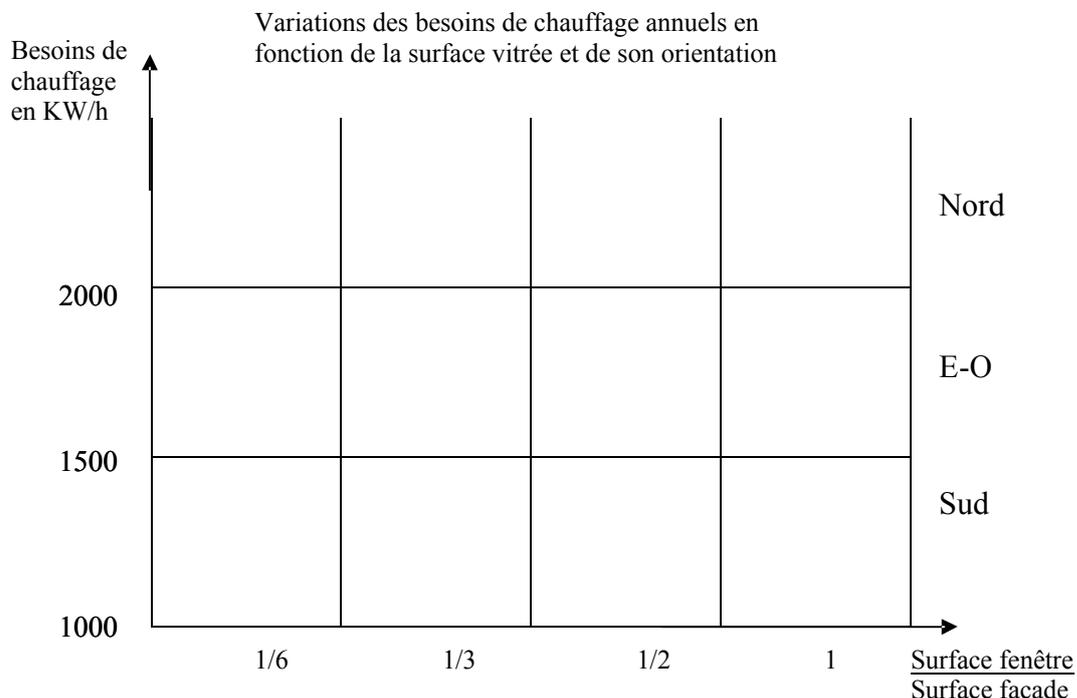


**Figure-III. 6: L'occultation naturelle**  
 Source : CD- Rom : réalisé par Architecture et Climat, 2001

**III .2.6- Les apports solaires :**

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

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



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

### III .2.7- Les apports internes :

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

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

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

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

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

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

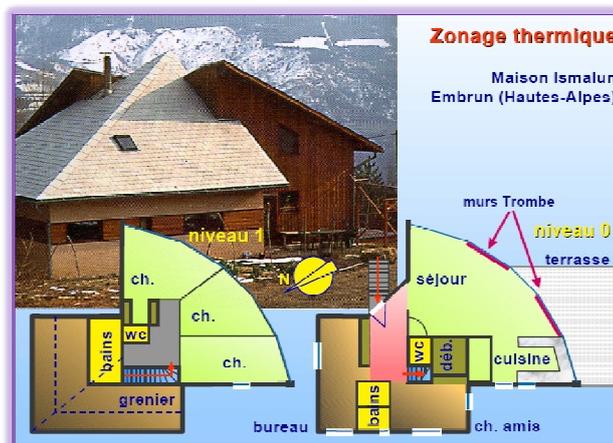


Figure-III. 8: Le zonage thermique (climat froid)

Source : Alain Liébard et André de Herde, 2005

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

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

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

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

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

### III .2.10- Les ponts thermiques :

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

### III .2.11- La couleur des parois :

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

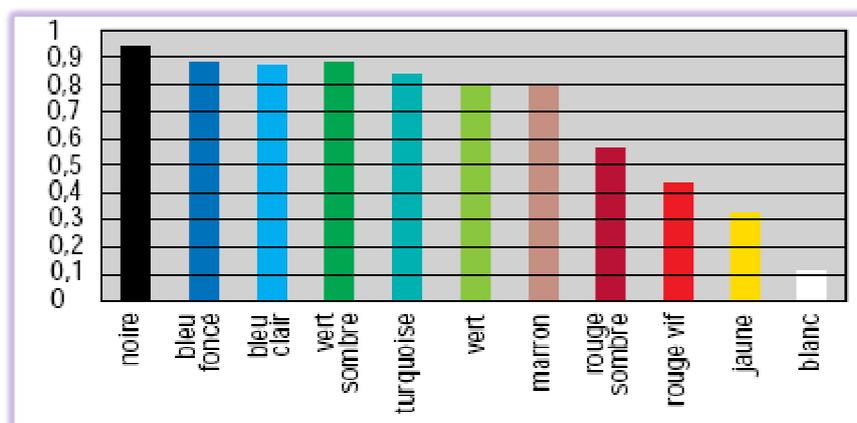


Figure-III. 9: Valeur du coefficient d'absorption (a) pour des laques cellulose

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

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

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

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

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

Les couleurs absorbantes sont à éviter : sous l'action du rayonnement solaire, elles participent à l'échauffement de l'air ambiant tout en créant un effet de radiateur pour l'utilisateur qui passe à proximité. Pour l'été, le choix des couleurs claires s'impose. On veillera toutefois à ne pas engendrer des conditions d'éblouissement. *« Les surfaces claires emmagasinent moins de chaleur : l'échauffement de l'air ambiant est réduit et elles rayonnent moins sur les usagers. En hiver, un fort coefficient de réflexion solaire des sols situés au sud sera favorable aux bâtiments : la partie réfléchie du rayonnement renforçant les apports thermiques et lumineux à travers les baies vitrées »*<sup>8</sup>.

### III .2.12- La ventilation :

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

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

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

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

<sup>8</sup> [www.arene.fr](http://www.arene.fr) consulté le 12/22/2009

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

**III .3- Confort thermique d'été :**

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

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

**✦ Protéger le bâtiment :**

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

**✦ Minimiser les apports internes :**

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

**✦ Dissiper les surchauffes :**

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

**✦ Refroidir les locaux :**

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

### ↳ Éviter la chaleur :

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

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

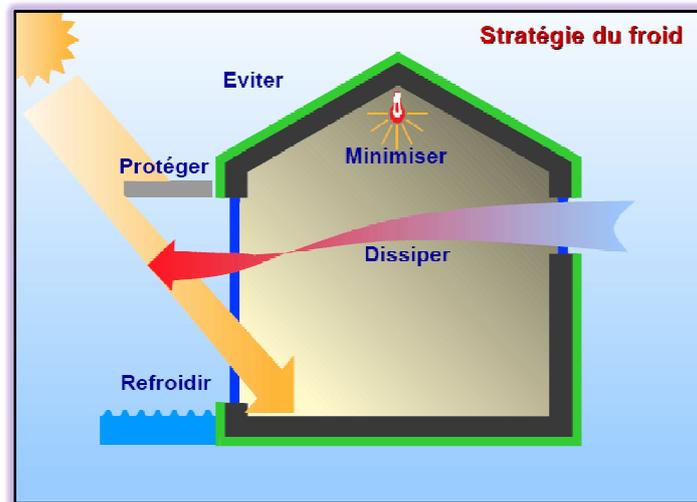


Figure-III. 10: Les principes du confort d'été

Source : Liébard et De herde, 2006

### III .3.1- La ventilation naturelle :

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

En été, la ventilation naturelle est l'un des moyens les plus simples de contribuer au confort thermique des usagers d'un bâtiment, selon une étude d'ARENE, avec une humidité de 50%, un courant d'air de 0,5m/s donne sur la peau nue, une sensation d'abaissement de la température de l'air de 3,5°C. La ventilation est conditionnée par les éléments suivants :

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

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

➤ La ventilation transversale :

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

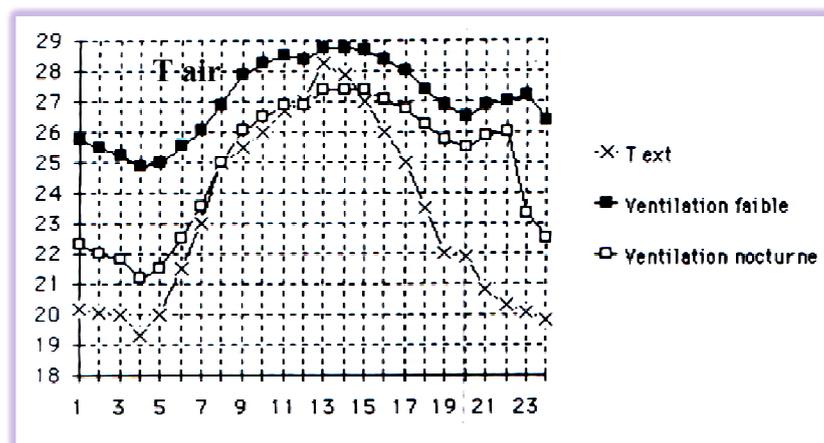
D'après une étude faite par Givoni sur un ensemble des pièces carrées où il a mesuré la vitesse de l'air à l'intérieur de la pièce en changeant la position des fenêtres sur les murs et la direction du vent. Il a trouvé que lorsque la pièce n'est pas ventilée transversalement, la vitesse moyenne intérieure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

➤ La ventilation nocturne :

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

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

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



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

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

### II .3.2- Inertie thermique :

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

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

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

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

### II .3.3- Limiter les apports solaires en été :

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

#### ↪ Protections solaires :

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

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

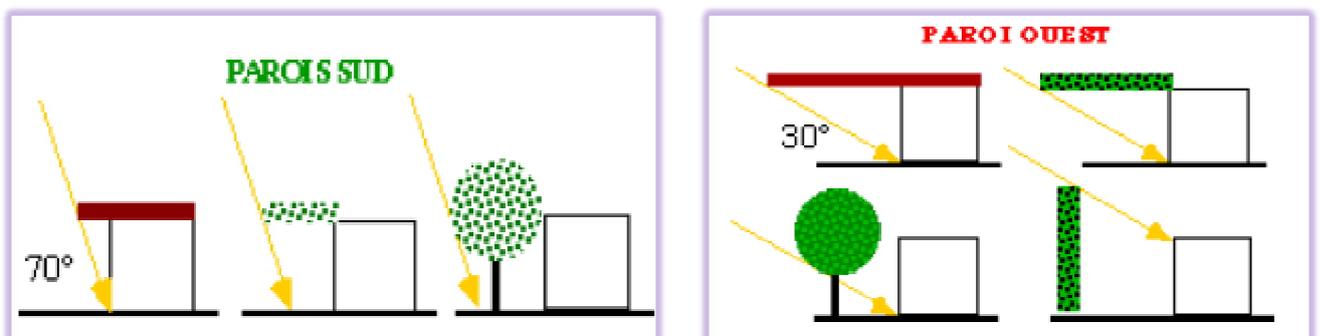


Figure-III. 11: Solutions de protection solaire pour une paroi Sud (à gauche) Ouest (à droite).

Source : GROUPE ABC, 1999

#### ↪ Le vitrage :

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

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

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

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

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

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

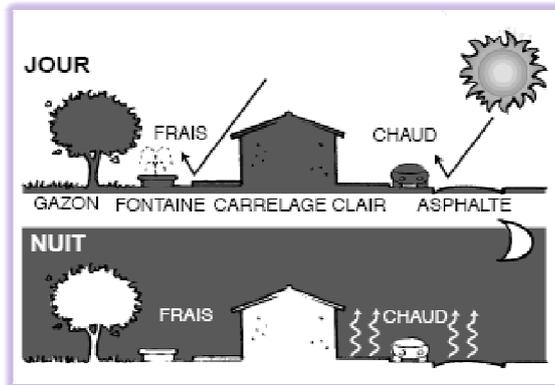
### **III .3.7-Traitement des espaces extérieurs :**

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

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

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

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



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

Source : Publication, ARENE

### III .4- Les outils architecturaux en climat méditerranéen

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

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

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

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

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

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

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

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

### Conclusion :

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

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

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

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

## *Le patio et ses aspects environnementaux*

*« La maison que je désire, que la mer la voie et que des arbres couverts de fruits lui fassent la cour »<sup>1</sup>.*

### **Introduction :**

Dans la première partie de ce chapitre, on doit définir le concept "patio" et sa vocation spatiale, ainsi un bref historique sur son apparition en illustrant quelques période depuis la première maison antique jusqu'à la nouvelle connotation. Plusieurs études archéologiques à travers le monde ont montré que la maison avec la cour était existée depuis l'antiquité, *« puisque on le retrouve dans aussi bien dans les villes Mésopotamie, de Grèce de phéniciens et chez les romains, mais avec une connotation locale. Chez les romains le patio distribuait un seul appartement "l'oecus" la pièce principale s'ouvrait sur cet espace. Chez les Grèce également c'est le " mégaron" ou le grand lieu qui donnait également sur la cour »<sup>2</sup>.*

Une bonne compréhension du concept patio ne se limite pas dans les définitions et l'historique, mais aussi, on a parlé dans la présente recherche sur les phénomènes microclimatiques qui peuvent se produire dans le patio et leurs effets sur l'ambiance thermique intérieure. Pour mieux comprendre le microclimat du patio, une étude sur les éléments relatifs au patio, c'est-à-dire les caractéristiques géométries et physiques.

---

<sup>1</sup> Joan Salvat-Papasseit, "Architecture Traditionnelle Méditerranéenne", in :[www.meda-corpus.net/libros/pdf\\_livre\\_atm/atm\\_frn/02-atm\\_frn.pdf](http://www.meda-corpus.net/libros/pdf_livre_atm/atm_frn/02-atm_frn.pdf)

<sup>2</sup> Kassab.T , "évolution du patio dans la maison d'habitation individuelle en Algérie" ,in : les cahiers de l'EPAU, Habitat, n° 7/8, octobre, 1998, p :51

**IV.1-Définitions et généralités sur le patio :****Dictionnaire Encyclopédie 2000 :**

1<sup>ème</sup>/ « Patio : cour intérieure des maisons de type espagnol».

**Dictionnaire le petit Larousse illustré 2007 :**

2<sup>ème</sup>/ « Patio : cour intérieure, souvent à portique, de maisons de type espagnol. »

**Encyclopédie scientifique en ligne :**

3<sup>er</sup>/ « Un patio est une cour intérieure à ciel ouvert, dont l'origine remonte à l'atrium des villas de la Rome antique. Plus largement, un patio est un espace extérieur d'agrément, dédié aux repas ou à la détente. Son sol est le plus souvent dallé, mais il peut être aussi en bois, en pierre, en béton, en ciment, etc. »

Étymologie : mot espagnol (XV<sup>e</sup> siècle), de l'occitan *pātu* (terrain vague, pâture), peut-être du latin *pactum* (pacte, accord). Prononciation : patio et non *pacio*<sup>3</sup>.

**Selon le laboratoire CERMA (Tiraoui.L, 1996) :**

4<sup>er</sup>/ « Patio cour intérieure fermée d'une maison d'habitation, le patio est en principe de plan carrée et souvent bordé d'une galerie d'accès aux différents locaux d'habitations. Synonyme ancien : atrium »<sup>4</sup>.

**IV.2-Le patio de l'Antiquité à nos jours :**

La maison à patio est parmi l'une des premières formes domestiques, qui a été développé au moins depuis 3000 ans, dans l'architecture mésopotamienne et Egyptienne, sous plusieurs formes dans le monde. Le patio est une tradition associée à moyen orient où le climat et la culture ont façonné un type particulier de maisons à patio, d'autre exemple existe en Amérique latine et l'Europe où le modèle est réinterpréter. Donc l'histoire du patio a connu trois grandes phases : le patio dans l'histoire antique, médiévale et moderne.

Dans ce qui suit on va présenter quelques exemples dans l'histoire ancienne (sumérien, Égyptien, grec et romain), l'histoire médiévale (médina de Tunis, Ghardaïa), et enfin un exemple dans l'architecture moderne (maison coloniale en Tunis) et la nouvelle réutilisation de ce principe dans l'ère contemporaine.

**IV.2.1- Dans les civilisations antiques :****IV.2.1.1-Maison sumérienne et Égyptienne :**

Cet espace date de l'antiquité, puisqu'on le retrouve dans aussi bien dans les villes de Mésopotamie et Égyptienne. Mais avec une connotation locale. Dans la figure (IV.1), une maison sumérienne avec un patio centrale qui possède un bassin pour la collection des eaux

<sup>3</sup> [www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=4414-55k](http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=4414-55k), consulté le 02/08/2008

<sup>4</sup> [www.doc.cresson.grenoble.archi.fr/pmb/opac\\_css/index.php?lvl=publisher\\_see&id=12809](http://www.doc.cresson.grenoble.archi.fr/pmb/opac_css/index.php?lvl=publisher_see&id=12809)

de pluie, leur taille est plus grande que les chambres, la toiture inclinée avec une légère pente. La deuxième maison a plusieurs patios avec péristyle, dont l'un est plus grand que les autres.

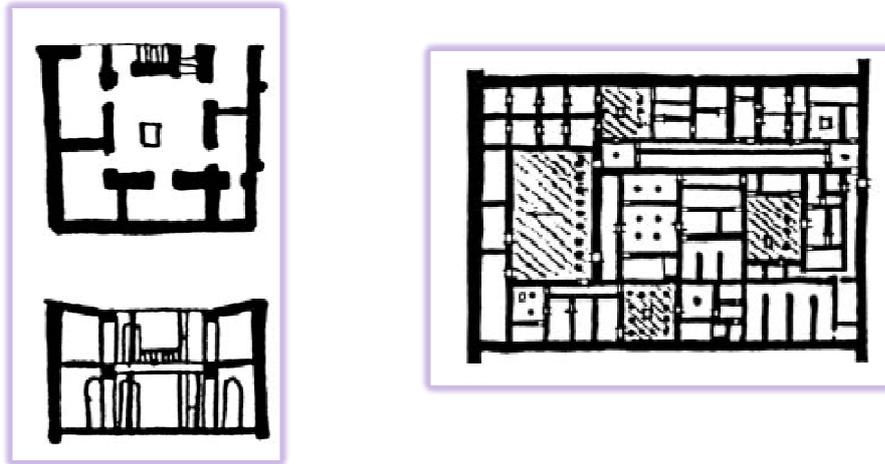


Figure-IV. 1: plan et coupe d'une maison sumérienne (à gauche),  
plan d'une maison Égyptienne ancienne (à droite)

Source : Noubi M.H, 2003

#### IV.2.1.2-Maison grecque :

Les maisons grecques ne sont pas aussi célèbres que l'architecture monumentale (les temples...), « Plusieurs demeures assez élégantes de l'Attique et d'Athènes prouvent que les maisons grecques typiques avaient une distribution des salles analogue à celle des maisons pompéiennes : un vestibule et une cour intérieure autour de laquelle s'articulaient les différentes pièces »<sup>5</sup>. La maison grecque pouvait comporter deux étages, l'accès à l'étage supérieur est depuis un petit escalier, elle est construite en pierre ou en brique, les fenêtres de petites dimensions ou totalement inexistantes.

Les demeures hellénistiques les plus répandues sont les maisons à péristyle : la cour centrale est entourée d'une colonnade.

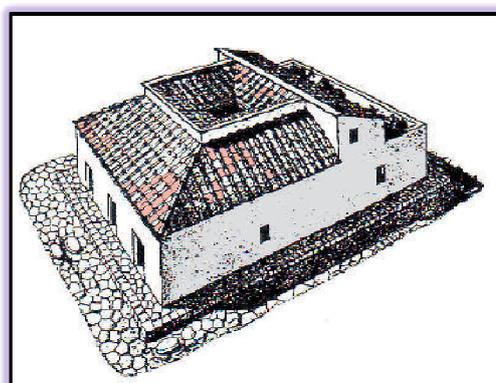


Figure-IV. 2: Axonométrie d'une maison grecque avec atrium

Source : Neue Beispiele, 2007

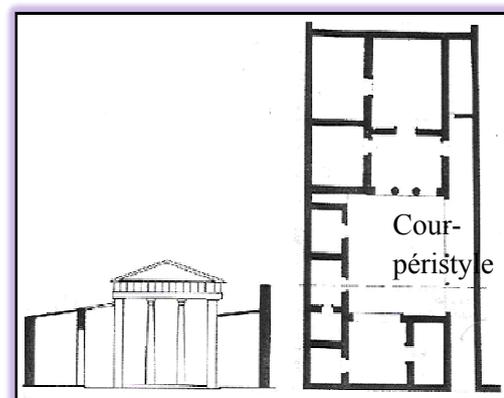


Figure-IV. 3: Plan et coupe transversale d'une maison hellénistique

Source : L.Vergara G.M.D. Tomasella, 1995

<sup>5</sup> L.Vergara G.M.D. Tomasella, Reconnaître les styles architecturaux, éditions de VECCHI S.A, paris, 1995, p : 28

La maison grecque au cours du temps :

Avant les VII<sup>e</sup> et VI<sup>e</sup> siècles, les maisons étaient de plan circulaire, ellipsoïdal ou rectangulaire bâties en matériaux périssables, par la suite elles sont construites avec des matériaux plus solides des briques crues et des soubassements en pierre. La petite maison rectangulaire, à deux ou trois pièces, est la plus répandue, avec toujours la présence de la cour au cœur de la maison. Voir figure-4.

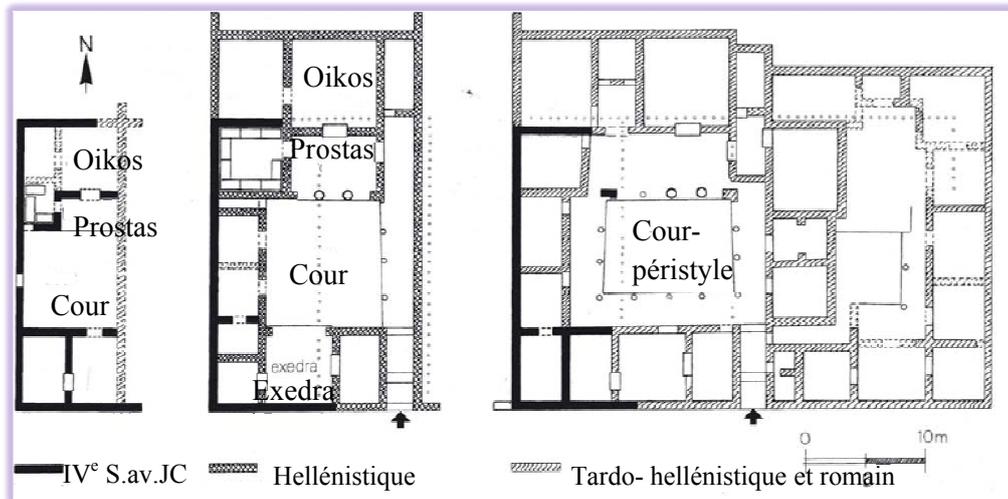


Figure-IV. 4: Trois états successifs d'une maison grecque de Priène

Source : <http://www.epi.univ-paris1.fr> (consulté Décembre 2009)

**IV.2.1.3-Maison romaine :** l'architecture est un acte de faire, de ce fait « Rome sut pourtant tirer parti des expériences architectoniques des nombreuses cités de la Grande-Grèce qui tombaient petit à petit sous son joug »<sup>6</sup>. La civilisation romaine repose sur la vie urbaine, elle comprend des bâtiments publics et privés, la maison appelée domus qui signifie : « maison urbaine romaine classique, dont l'évolution est bien connue grâce notamment à l'excellent état de conservation des demeures de Pompéi ou d'Ostie »<sup>7</sup>. Voir figure (IV.5).

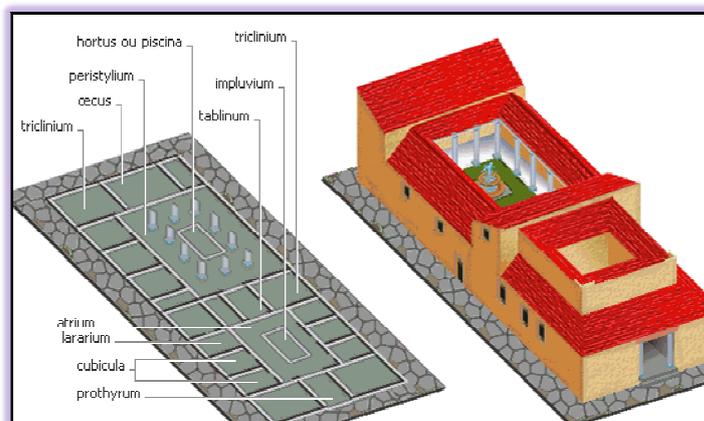


Figure-IV. 5: Domus romain à péristyle (Pompéi)

Source : Microsoft Encarta 2009

<sup>6</sup>L.Vergara G.M.D. Tomasella, Reconnaître les styles architecturaux, édition de VECCHI S.A, paris, 1995, p:33

<sup>7</sup> Microsoft Encarta 2009

L'*atrium* est la pièce principale de la maison : c'est une grande cour carrée autour de laquelle s'ouvrent les différentes pièces. Cette cour est en partie à ciel ouvert (au centre) et en partie recouverte d'un toit en pente. Le centre est occupé par un bassin carré (l'*impluvium*), reçoit les eaux de pluie qui tombent du *compluvium*.

#### IV.2.2- Dans la civilisation islamique :

##### IV.2.2.1-Exemple d'une maison à patio dans la médina de Tunis :

« La médina correspond à la division des territoires en entités administratives issues de la typologie de la forme sociale tributaire, impliquant la constitution d'ensembles d'unités fiscales ...ces unités, dont la médina est le chef lieu »<sup>8</sup>.

En générale, la médina se caractérise par un plan concentrique et un tissu urbain organique, ce centre est matérialisé par la mosquée et les équipements publics, l'extension de la ville se commence à partir de ce noyau.

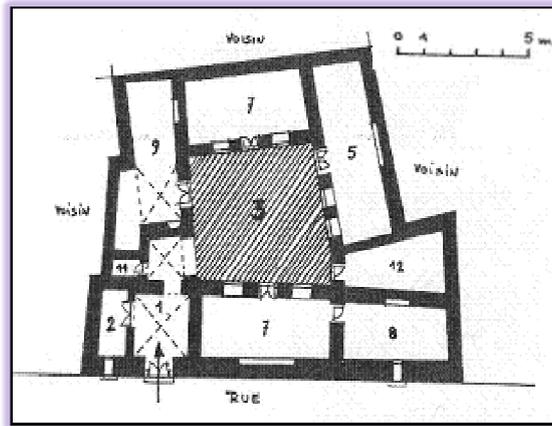


**Photo-IV.1 : photo arienne sur la médina de Tunis**  
Source : Jellal ABDELKAFI, 1989 cités par Oliya Girard,

Ce concept de centralité se répète dans les autres échelles de la ville, comme les quartiers et les maisons. Cette dernière est l'unité de base d'urbanisation, et en quelque sorte, une « réduction » de la ville dans tous ses concepts.

Et à cause des raisons religieuses (islamiques) l'organisation spatiale de la maison subit le concept d'introversivité, clos et fermés aux regards extérieurs en établissant des espaces intimistes. D'une autre manière la maison (le micro) suit le même principe d'organisation que celui de la ville (macro). L'architecture domestique des médinas de Tunisie présente une typologie architecturale stable que l'on retrouve aussi bien dans les maisons bourgeoises, les palais que les maisons d'ouvriers, c'est la maison avec une cour intérieure " maison à patio" (Voir figure. IV.6 et photo-IV.2)

<sup>8</sup> Karim Mechta et al, MAGHREB, architecture, urbanisme, patrimoine, tradition, modernité, éditions Publisud, paris, sans date, p : 66

**Légende :**

1. Vestibule-hall d'entrée
2. Antichambre
3. Patio
5. Chambre de réception où salle à manger
7. Chambre à coucher
8. Maksura où garde-robe
9. Cuisine
11. Ablutions où salle d'eau
11. Réserves-celler

**Figure-IV. 6: Maison populaire, médina de Tunis (XVI et XVII<sup>e</sup> Siècle)**

Source : J.Revault cité par François Béguin, 1983



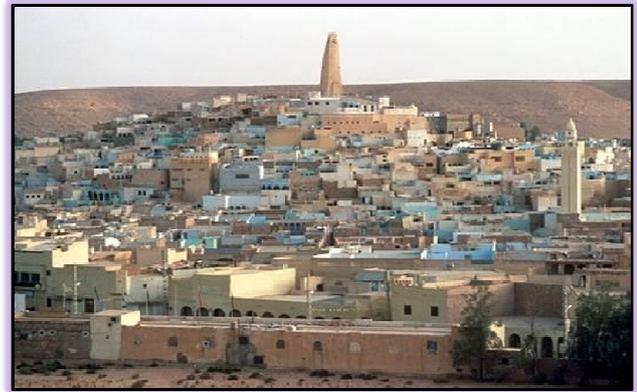
**Photo-IV.2 : vue sur le patio d'une maison de la médina de Sfax**

Source : www.meda-corpus.net , consulté Décembre 2009

« Le patio, c'est l'image de la maison "arabo-musulmane des médinas qui s'attache a priori. Il est vrai que l'architecture arabo-musulmane, ou du moins celle produite durant la civilisation islamique au Maghreb, a été marquée par le patio qui a été l'espace architectural présent dans tout les édifices aussi bien publics que privés »<sup>9</sup>.

#### **IV.2.2.2-Exemple d'une maison à patio dans le Ksar de Ghardaïa :**

Les maisons de cette typologie forment des villes créées par les Ibadites. Elles sont fortifiées, édifiées sur des collines, cachées dans la vallée de l'oued M'Zab. La maison du M'Zab correspond au type « maison à patio », s'organisant autour d'une cour centrale où s'ouvrent les différentes pièces.



**Photo-IV.3 : Vue générale sur la ville de Ghardaïa**

Source : Microsoft Encarta, 2009

<sup>9</sup> Kassab.T , "évolution du patio dans la maison d'habitation individuelle en Algérie" ,in : les cahiers de l'EPAU, Habitat, n° 7/8, octobre, 1998, p :51

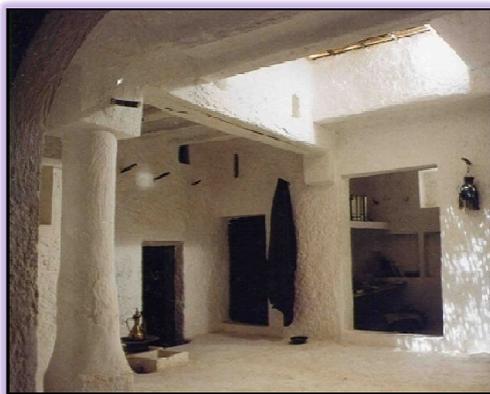
Une seule famille habite chaque maison et la taille de celle-ci est strictement adaptée à la taille de la famille.

Ces maisons constituent un tissu urbain très dense, radial, toujours surmonté par le minaret de la mosquée. Cette forme des habitations ressemble au principe d'organisation des maisons de l'antiquité : « *Les maisons mozabites sont héritières des dispositions fondamentales des maisons du Maghreb et des maisons antiques, tout au moins de celle de la méditerranée occidentale* »<sup>10</sup>. Mais on note que les Mozabites ont adaptés l'habitat à leurs conditions particulières, traditions et leurs us.

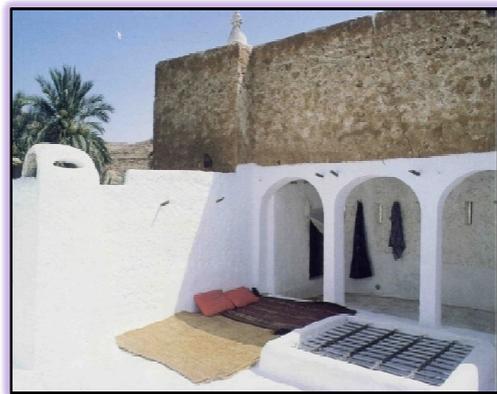
Toutes les maisons sont composées d'un seul niveau (rez-de-chaussée), l'étage est réservé à la vie nocturne (une terrasse accessible), on va citer deux principaux éléments de la maison Mozabite, qui sont l'entrée et le patio :

☛ **L'entrée en chicane** (*sqiffa*) : c'est comme le vestibule dans les maisons maghrébines, le rôle de la chicane est de briser la vue vers *wast ed-dar* de la maison depuis l'espace public. Les mozabites ferment leurs portes d'entrée uniquement en cas d'absence ou pendant la nuit.

☛ **Patio** (*amessent ed-dar*) : de petites dimensions recouvert d'un métier à tisser (*chebeq*) sert à échapper les poussières, et préservant des mouches. Constitue une prise d'air indispensable pour la ventilation et l'éclairage. (Voir photo 4 et 5), les espaces sont organisés tous autour de cette cour centrale.



**Photo-IV.4 : Wast ed-dar d'une maison mozabite**  
Source : André Ravéreau, 1981



**Photo-IV.5 : Terrasse, chebeq d'une maison mozabite**  
Source : André Ravéreau, 1981

Si on observe le plan d'une maison Mozabite, la cour de petite dimension occupe le centre de la maison et les autres espaces sont disposés autour de ce noyau, voir figure-IV.7.

<sup>10</sup> Ravéreau, André, Le M'Zab : une leçon d'architecture, édition Sindbad et ACTES SUD, Paris, France, 1981.p : 97

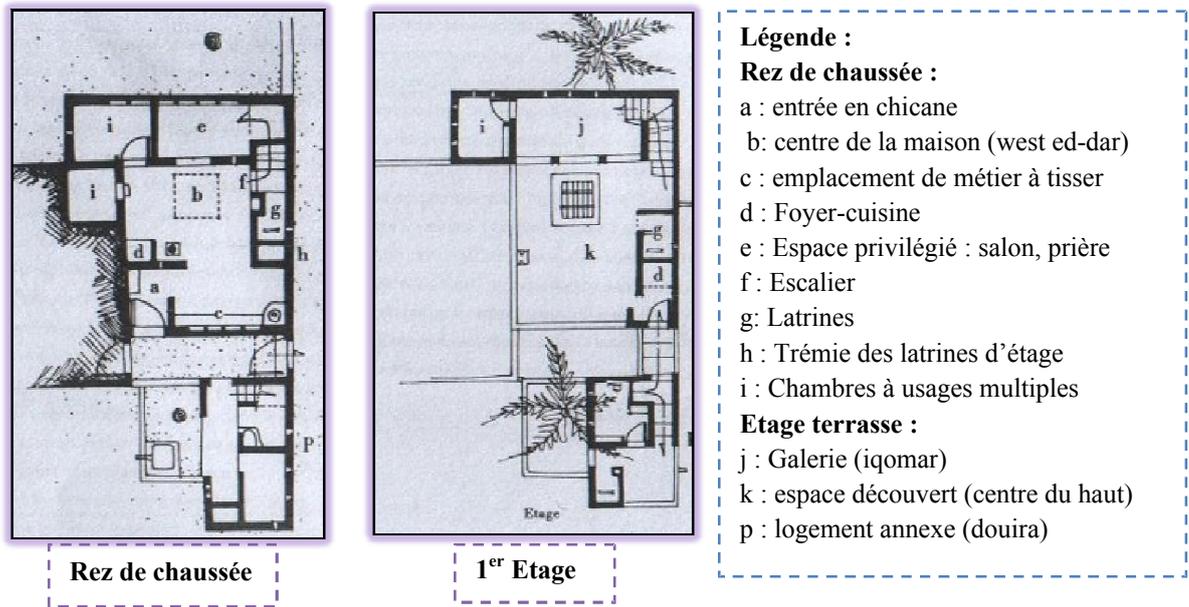


Figure-IV. 7: Plan d'une maison du M'Zab (palmeraie)

Source : André Ravéreau, 1981

### IV.2. 3- Le patio de l'ère moderne et contemporaine :

**IV.2. 3.1- Maison à patio méditerranéen de style néo-mauresque (la période coloniale au Maghreb) :** la colonisation française aux pays du l'Afrique du Nord est marquée par la destruction des villes traditionnelles et la création de nouveau noyau colonial initié par le génie militaire (plan en damier), « *la première inflexion de la tendance à la destruction progressive des villes arabes remonte à la visite de Napoléon III accompli en Algérie en 1865* »<sup>11</sup> (François Béguin, 1983). Entre 1900-1930, la France a adapté une autre tendance, qui est « l'arabisation », il s'agit d'intégrer des retouches arabes aux bâtiments édifiés dans l'Algérie (exemple : arc, coupole...). A l'échelle des habitations, c'est la maison à patio avec le principe d'extraversion qui se répète un peu partout, avec une forme régulière de la cour (à l'inverse de l'habitation traditionnelle).

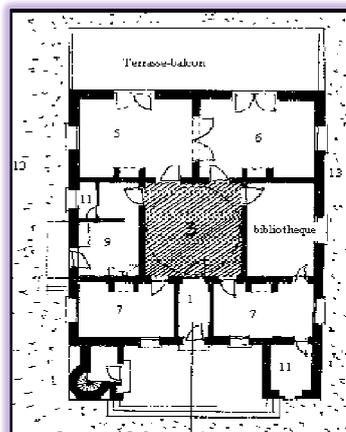


Figure-IV. 8: Plan Rez-de-chaussée d'une villa coloniale à Tunis

Source : J.Revault cité par François Béguin,

<sup>11</sup> Béguin. François, Arabisations, décor architectural et tracé urbain en Afrique du Nord 1830-1950, édition Dunod, 1983, p : 14

Selon André Ravéreau : « *Au Maghreb, les maisons sont à un où deux niveaux. La cour, d'ailleurs on appelle 'patio' (le terme arabe est West ed-dar, ce qui signifie (centre de lamaison) est à ciel ouvert, avec ou sans galerie, comme le propose le milieu physique méditerranéen* »<sup>12</sup> .Pendant un siècle de colonisation, l'introduction d'un nouveau mode d'organisation architecturale par les Français, à savoir la maison extravertie sur un espace jardin, a modifié le paysage urbain. Cette nouvelle forme architecturale est devenue le modèle référentiel pour la société algérienne post-coloniale.

#### IV.2. 3.2- Le patio selon quelques architectes de l'ère moderne :

La maison à patio reparaît comme un thème toujours renouvelé de la maison comme un microcosme. Dans l'architecture et l'urbanisme contemporains le patio vit le réemploi à travers des théories et des interventions divers de plusieurs architectes, parmi eux, J. L.sert, Paul Liester Wiener, Gropius, le Corbusier,...Les plus célèbres travaux sont ceux de José Luis Sert qui a introduit ce principe au niveau de la ville et le bâtiment. Il a dit dans l'un de ses articles : « *Can patio makes ours cities* ». IL a voulu introduire ce principe dans tous les niveaux (urbanistique et architecturale), dans les bâtiments publics ou privés (le patio école, le patio église, le patio maison ...) et dans toutes les façons jusqu'à l'unité la plus grande (la ville) qui possède de grands patios. Parmi ses travaux on trouve la réorganisation des villes Sud-américaines Bogota (1951-1953), où il a établi avec Paul Liester Wiener des systèmes urbanistiques fondés sur des variations dans l'utilisation du patio. L'usage du patio s'est traditionnellement conservé dans certaines civilisations, du fait même des constantes du mode de vie, c'est essentiellement au XX siècle que des architectes, et parmi eux Mies van der Rohe, Gropius, Antoni Gaudi ...ont vu un intérêt dans son remploi malgré un type de civilisation nouveau et pour des solutions autres, donc ce principe a été incorporé avec sagesse. Voir figure IV.6



Vue extérieure sur les deux patios

Vue intérieure sur l'un des patios

Photos-IV. 6 : Immeuble Casa Mila (Antoni Gaudi, 1906-1910)

Source : CD- Rom : Architecture-vidéos : collection personnelle

<sup>12</sup> Ravéreau, André, Le M'Zab : une leçon d'architecture, édition Sindbad et ACTES SUD, Paris, France, 1981.p :101

**IV.3- Les rôles du patio :**

Le " patio" a souvent fait l'objet de beaucoup d'études, et nombreuse a été la littérature s'y référant. Dans cette cour intérieure se déroule quotidiennement la vie familiale comme en un séjour extérieur intime. Cette cour, qui peut être entourée des pièces séparées ou ouvertes vers lui, contenait sur une de ses côtés l'entrée de la maison et en son milieu une fontaine ou un bassin d'eau..., c'est un lieu de vie, de séjour et d'activité. Cette philosophie de conception et de construction se développe davantage dans les climats chauds et humides et fut une création fonctionnelle d'ordre spirituel, climatique, social, organisationnel et psychologique, quel que soit son lieu.

**IV.3.1- Le rôle spirituel :**

Avec ce principe d'organisation les cieux et les terres, un tout global, cohérent et inter lié l'univers. Cet univers où tout s'efface, pour qu'apparaisse seule et unique.

C'est au niveau du patio où est symbolisée la relation avec le ciel, qu'on trouve un maximum d'ornementation et d'exposition des richesses, sur les parois latérales essentiellement, au point d'être qualifiées par les auteurs occidentaux de "façades intérieures".

Par opposition à ces façades intérieures, la façade extérieure donnant sur la rue est très sobre et ne contient que de petites ouvertures pour la aération ainsi que a porte d'entrée. Cette forme de traitement de façade par l'inexistence de toute décoration symbolise l'humilité que doit le musulman vis à vis de ses semblables. Dans la religion de l'islam, l'humilité est de devoir et L'exhibition des richesses est condamnée.

**IV.3.2- Le rôle climatique :**

Aussi cette ouverture de l'espace vers le ciel est généralement conçue comme un lieu de vie intermédiaire entre l'intérieur et le jardin. Dans le climat tempéré des pays du bassin méditerranéen permet un vécu de durée assez longue dans les espaces extérieurs. Ce dernier permettait ainsi, la vie à l'extérieur, mais ne constituait qu'un puits de lumière pour les climats chauds et aride. Ses dimensions et formes sont ainsi variables en fonction de la situation géographique.

Dans le sud algérien où les zones sont désertiques et arides, le patio se limite à une simple ouverture. Cette dernière est généralement recouverte par une grille pour éclairer et aération les pièces entourées par le patio. Il est à noter que parallèlement au patio, un ensemble d'orifices situés a des endroits particuliers des parois latérales, permet l'aération et la ventilation dans la maison. Contrairement aux patios d'habitations du nord algérien qui se développent sur deux niveaux, dans les maisons du sud seul le rez-de-chaussée est organisé autour du patio, l'étage qui permet la vie nocturne est composé de chambres s'ouvrant sur la terrasse.

Les espaces intermédiaires du patio qui bordent le patio permettent une protection temporaire contre le soleil, ainsi que celle de la pluie au niveau du rez-de-chaussée et de l'étage. La présence de l'eau constitue à son tour un aspect important, que ce soit : fontaine, bassin d'eau, cascade, jets d'eau...permettant le rafraichissement de la température ambiante par humidification. Comme autre régulateur de la température, il est fait parfois appel à la végétation, il s'agit de vigne qui recouvre le patio par son feuillage durant la saison chaude, et grâce à ses feuilles, de nature caduque, l'ensoleillement durant l'hiver peut atteindre l'intérieur des chambres. Un oranger ou citronnier vient souvent égayer le milieu de la cour de son feuillage toujours vert, de ses fleurs ou de ses fruits. Un arbre fruitier comme le citronnier peut également être planté au milieu du patio. Selon Amos Rapoport, le climat a un rôle important dans la création de la forme architecturale, il a dit : « *Il est inutile de nier l'importance du climat pour mettre en question le rôle déterminant qu'il joue dans la création de la forme bâtie* »<sup>13</sup>.

La réduction de la température à l'intérieur du patio résulte de :

- ☛ De l'ombre que produisent la correspondance et l'entrecroisement harmonieux des murs
- ☛ De la présence de plans d'eau - fontaines - dont la réflexion d'une partie de la lumière et l'évaporation diminuent l'absorption des rayons thermiques.
- ☛ La présence de plantes : le patio a par conséquent comme avantage de créer un micro climat offrir un contact avec le milieu dit "naturel" et de modifier la relation habitat/nature.

Les fenêtres des chambres autour du patio peuvent ajouter un frais courant d'air à la maison, ainsi qu'offrir une fraîcheur et échauffement naturels.

#### **IV.3.3- Le rôle social :**

Le patio est un lieu de vie familiale, c'est l'espace de communication et de rapports sociaux les plus développés, où se regroupaient toutes les personnes d'une seule famille ou plusieurs (généralement la famille élargie). Durant les fêtes religieuses, les soirées de Ramadan, ou les cérémonies familiales, c'est encore dans le patio ou se feront les rencontres et où se dérouleront les activités spécifiques à ces manifestations.

Il a été le plus cependant le domaine le plus fréquenté par les femmes qui y pratiquaient aussi bien les activités ménagères ou artisanales, généralement, les femmes s'installent sur un tapis ou une peau de mouton-pour à des fins de discussion, de détente voir même de pratique de musique...un centre de réunion par excellent. Tandis que leurs enfants s'ébattent joyeusement

<sup>13</sup> Rapoport. Amos, pour une anthropologie de la maison, édition Dunod, Paris 1972, p : 27

autour d'elles. Au terme de sa journée de travail, le premier spectacle qui s'impose aux yeux du maître lorsqu'il rentre chez lui est ce patio rempli d'une vie familiale dont il retrouve avec joie le charme en toute quiétude. Donc, l'enfant s'éduquait aux règles de la vie communautaire et sociale et pouvait en âge adulte, assurer correctement son rôle dans la cité. Quant à l'homme, la vie se déroulait essentiellement à l'extérieur de la maison, dans la ville, il partageait le patio avec les autres membres de la famille à des moments et selon une réglementation familiale préétablie.

#### **IV.3.4- Le rôle organisationnel :**

La centralité du patio permettait à tous les espaces qui le bordaient, les chambres, de profiter de manière égale, de l'espace extérieur. Cette forme d'organisation spatiale était parfaite pour la mise en rapport des espaces entre eux, ne laissant ainsi aucun espace isolé. Cette communication se fait également entre les différents niveaux, puisque les chambres situées à l'étage s'ouvraient également sur le patio. Il suffisait de se mettre sur la rampe de la galerie supérieure pour participer à la vie du patio.

#### **IV.3.5- Le rôle psychologique :**

*« L'espace intérieur est encore positif et statique au deuxième degré. C'est le cas du patio, de la cour intérieure à l'espace bien défini. Une seule direction reste libre vers le ciel. Notre vision étant horizontale la plupart du temps, cet espace pourrait être parfaitement satisfaisant psychologiquement »<sup>14</sup>*

Selon Jean Cousin la forme géométrique du patio conditionne la satisfaction où non de l'homme. *« Notre regard est toujours attiré vers les grands espaces libres »<sup>15</sup>*. Si l'homme se trouve dans un patio d'une dimension (3.5x3.5x2.4 m), tel qu'il est cité par Jean Cousin, la réaction de l'individu dans cet espace est de lever les yeux, la sensation d'agrément est obtenue lorsqu'on réduit la hauteur (de 1.5m). Si les obstacles verticaux sont plus haut, la personne fait un effort plus pour apprécier le ciel. Mais dans le cas où les dimensions horizontales sont larges, les murs ne seraient jamais des obstacles.

*« On s'y satisfait de la principale vue du carré qui vous domine et qui semble vous appartenir en propre, varient selon les saisons et les heures du jour. On se plaît aussi à y contempler les nuits étoilées et à y reposer en paix après les chauds journées d'été »<sup>16</sup>*

Aussi, la présence de l'eau, la végétation et un bon aménagement dans le patio influent considérablement sur le confort psychologique de l'individu.

<sup>14</sup> Cousin Jean, L'espace vivant, introduction à l'espace architectural premier, Edition Moniteur, 1980, p : 87

<sup>15</sup> Cousin Jean, L'espace vivant, introduction à l'espace architectural premier, Edition Moniteur, 1980, p : 146

<sup>16</sup> REVAULT. Jacques, l'habitation tunisoise, pierre, marbre et fer dans la construction et le décor, éditions du C.N.R .S, 15 .PARIS, France, p : 175

**IV.3.6- L'intimité :** Il met en valeur l'intimité : « *On est chez soi dans la maison, on est chez soi dans la cour, avec un morceau de ciel qui n'appartient qu'à vous* »<sup>17</sup>

#### IV.4- Les forme du patio :

Les formes et les dimensions des patios varient selon plusieurs facteurs : le temps, la région c'est-à-dire le climat, la tradition, mais aussi selon le savoir faire locale en matière de construction. On peut classer les patios à partir de plusieurs critères à savoir :

- ↻ La forme en plan
- ↻ Les proportions (rapport longueur/largeur, surface au sol/hauteur moyenne des parois)
- ↻ La taille
- ↻ Selon le climat
- ↻ La position dans la parcelle
- ↻ Les espaces intermédiaires
- ↻ L'ouverture ou bien la couverture au ciel....

#### IV.4.1- selon la forme en plan :

Le patio possède plusieurs formes : carré, rectangulaire, circulaire, trapézoïdale,...Mais également on peut avoir un patio rectangulaire allongée. D'une manière générale, la forme du patio suit la configuration de la parcelle. Cette surface indique la quantité des radiations reçues l'enveloppe interne si la forme tracé au sol est la même au ciel.

#### IV.4.2- selon les proportions :

Si on parle sur les caractéristiques géométriques du patio selon la forme géométrique on peut distinguer plusieurs configuration géométriques selon la forme elle-même : carré, rectangle, composite...Mais le plus important dans la géométrie des patios c'est plutôt les ratios, qui sont : l'exposition au soleil et le SSI.

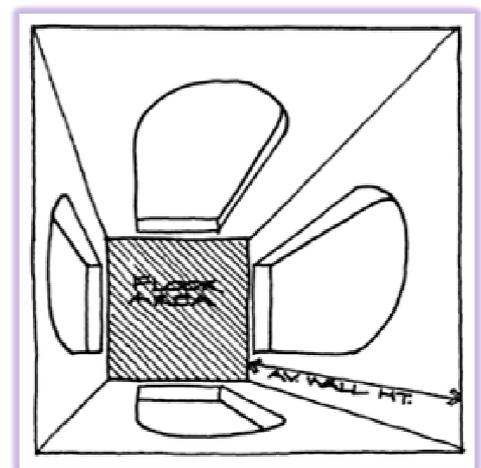
##### IV.4.2.1-Exposition au soleil :

C'est le rapport entre la surface du plancher du patio et sa hauteur moyenne.

$$R1 = S / Hm \dots\dots\dots \text{Eq.1}$$

Où : S : Surface du patio

Hm : Hauteur moyenne des parois entourées par le patio

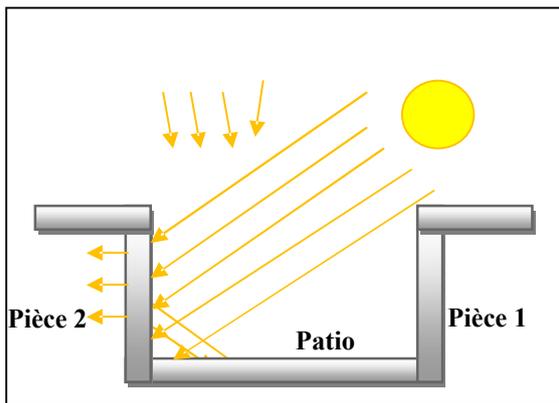


**Figure -IV.9 : le ratio R1**  
Source : John Reynolds, 2002

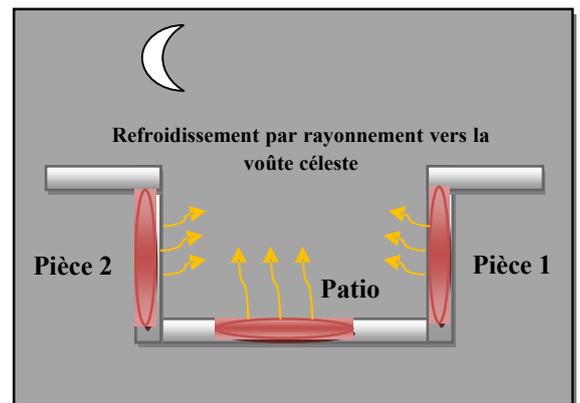
<sup>17</sup> Georges Marçais d'après Joan Salvat-Papasseit, "Architecture Traditionnelle Méditerranéenne", in :www.meda- corpus.net/libros/ pdf\_livre\_atm/atm\_frn/02-atm\_frn.pdf

Si la valeur de ( $R_1$ ) est grande, cela signifie que la surface du patio est plus grande que sa hauteur moyenne, cela provoque une exposition des parois et le sol au soleil, donc le rapport permet de chauffer l'intérieur du patio et les espaces adjacentes à travers les murs et le vitrage (voir figure-IV.10). L'énergie stockée dans l'enveloppe interne du patio, sera perdue par l'effet de refroidissement pendant la nuit (en rouge dans la figure-IV.11), cela est expliqué comme ce qui suit, le patio par son ouverture au ciel émet à travers le sol et les parois, des radiations à longues ondes vers la voûte céleste qui sont en réalité les radiations absorbées durant la journée. Cette propriété de refroidissement est relative aux caractéristiques thermiques des matériaux de construction et l'épaisseur des parois.

Il faut noter que, le même ratio peut induire des apports solaires différents à cause de l'effet de l'orientation sur la quantité d'énergie absorbée.



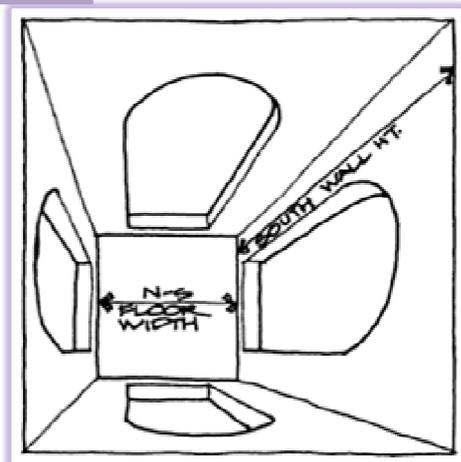
**Figure-IV.10 : l'absorption du rayonnement pendant la période diurne**  
 Source : Auteur, 2009



**Figure-IV.11 : le ré-rayonnement pendant la période nocturne**  
 Source : Auteur, 2009

**IV.4.2.2-Solar shadow index (SSI)-R2** : l'indice très important dans la détermination de la profondeur du patio, donc il explique l'exposition ou non au soleil. Si ce rapport est grand, indique que le patio est profond.

$$R2=SSI= \frac{\text{La hauteur du paroi sud}}{\text{La distance du patio selon l'axe nord-sud}} \dots\dots\dots \text{Eq.2}$$



**Figure-IV.12 : le ratio R2(SSI)**  
 Source : John Reynolds, 2002

**IV.4.3- Selon la taille :**

Il est admis dans les milieux scientifiques que le coefficient de forme influe considérablement sur la performance du patio, donc l'enveloppe de celui-ci reste un élément fondamental dans le processus d'échange entre l'intérieur et l'extérieur. Donc on peut dire qu'il y a plusieurs types de patio suivant la taille (taille grande, moyenne et petite).

**IV.4.4-Selon le climat :**

Selon Amos Rapoport, le climat a un rôle déterminant dans la création de la forme architecturale, il a dit : « *le climat est néanmoins un aspect important des forces génératrices de formes et il a des effets importants sur les formes que l'homme peut se désirer se créer* »<sup>18</sup>. Les dimensions et formes du patio sont ainsi variables en fonction de la situation géographique.

**IV.4.4.1-Climat chaud :**

Ce principe est très adapté dans ce type de climat, les zones arides se caractérisent par un rayonnement solaire très intense en été où la recherche de l'ombrage est indispensable pour rétablir le confort thermique, de ce fait, on trouve que les maisons à patio dans ces régions se caractérisent par un grand ratio (H/L) (stratégie du froid), alors que l'exposition au soleil est petite. Donc, ce dispositif architectural ne constituait qu'un puits de lumière qui « *se limite à une ouverture d'une surface d'environ un mètre carré cette ouverture est recouverte d'une grille qui permet supporter une bâche recouvrant le patio au courant de la journée quand le soleil est au zénith. Cette bâche est retirée dès que la température est se radoucit, et permet d'augmenter l'aération du patio et les espaces limitrophes* »<sup>19</sup>

**IV.4.4.2-Climat tempéré :**

Selon John Louis Sert : « *L'utilisation du patio comme chambre extérieure, à ciel ouvert, s'est surtout pratiquée en pays méditerranéen* »<sup>20</sup>.

Les patios sont assez larges avec un rapport entre la hauteur de la façade intérieure et la largeur du patio égale à 1 c'est-à-dire que le ratio est petit (H/L), cette stratégie permet aux rayons solaires d'accéder à l'intérieur des pièces pendant la période froide. Dans ces régions, le patio joue parfois le rôle d'un système passif de récupération de chaleur qui sert au préchauffage de l'air externe en vue de chauffer les espaces adjacents.

<sup>18</sup> Rapoport. Amos , pour une anthropologie de la maison, édition Dunod, Paris 1972.p : 116

<sup>19</sup> Kassab.T , "évolution du patio dans la maison d'habitation individuelle en Algérie" ,in : les cahiers de l'EPAU, Habitat, n° 7/8, octobre, 1998, p :52

<sup>20</sup> John Louis Sert , Architecture fonctionnelle, p : 77

#### IV.4.5-Selon la position du vide :

La position du vide par rapport à la masse provoque une autre classification des patios, la figure suivante résume les typologies généralement rencontrées. Cette classification est faite par l'auteur d'après des recherches (des recherches théoriques et d'après l'investigation in situ), mais il faut noter que la forme du patio en (L et U) sont généralement le résultat d'un processus de modifications faites par les habitants. Dans un milieu urbain, la forme la plus répondue est le patio central ou bien intégré et même linéaire.

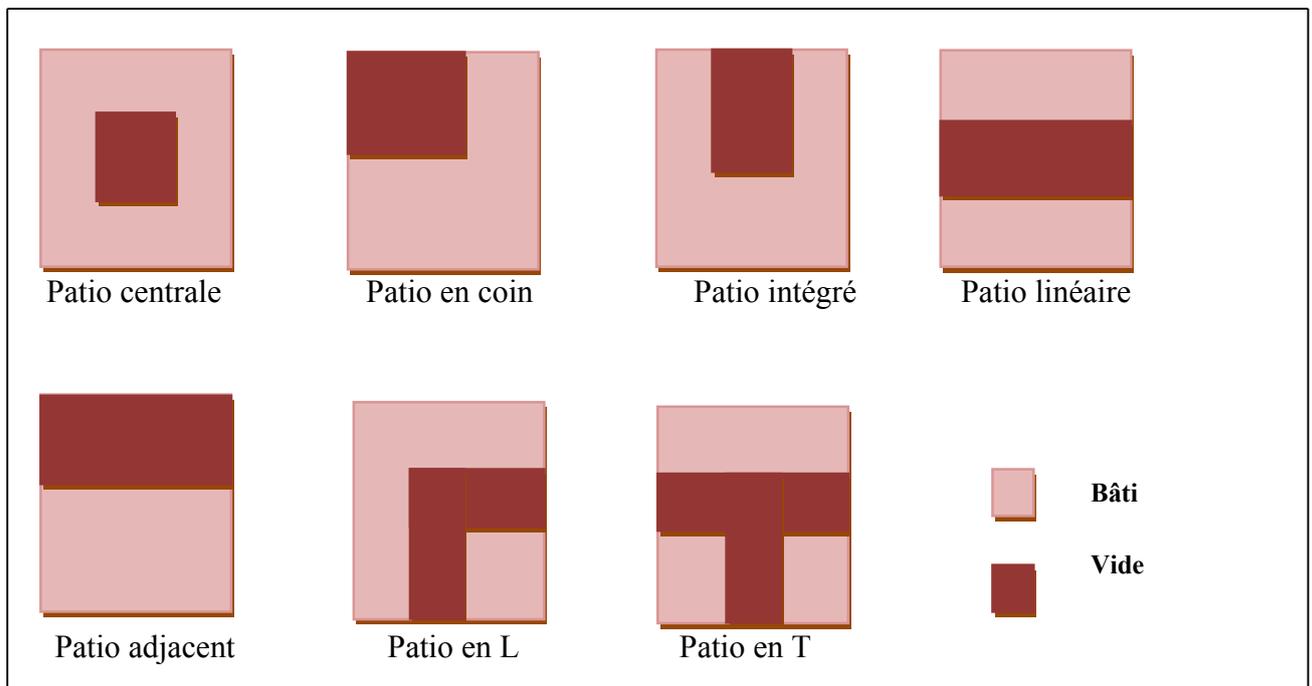


Figure-IV.13 : les différentes positions du patio  
par rapport à la masse

Source : Auteur, 2009

- ☛ **Le groupement des maisons :** on a essayé de faire quelques assemblages des habitations citées en haut, chaque type de regroupement donne, une nouvelle forme urbaine, à savoir chaque unité de base a la possibilité de produire plusieurs assemblage voir figure IV.14. Mais, la finalité de l'architecture bioclimatique est de savoir quelle est la forme la plus adéquate pour une meilleure efficacité thermique. Les notions de base qui ont conduit à l'adoption du regroupement des maisons à patio sont les suivants : la densification maximum, intimité maximum, efficacité thermique. Cette dernière est en relation avec la transmission des parois est dépend de la surface de l'enveloppe en contact avec l'environnement extérieur.

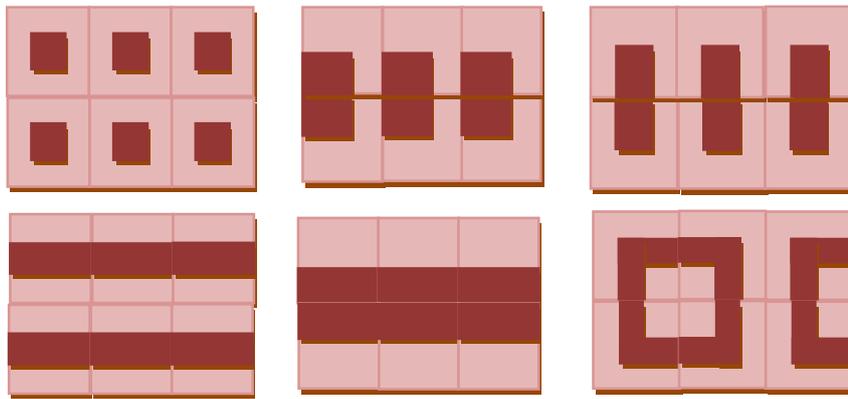


Figure-IV.14 : Quelques types assemblages de la maison à patio

Source : Auteur, 2009

#### IV.5- Fonctionnement du patio dans le domaine d'ambiance :

Les phénomènes d'ambiance qui caractérisent chaque climat demandent des procédés qui servent à la fois à protéger du soleil (création d'ombre pour un climat aride), et à diminuer le taux d'humidité (pour le climat humide). Le patio, comme, Izard a nommé est un dispositif architectural qui répond au domaine des ambiances.

Une bonne compréhension de l'impact géométrique et physique du patio, consiste en une bonne maîtrise des ambiances de cet espace et les pièces adjacentes. D'après Roger Camous et David Watson : « *Les bâtiments adaptés a leur climat sont, en général relativement ouverts et en relation directe avec leur environnement immédiat, que se soit par des fenêtres, des serres ou des patios, la question est : comment combiner de telles techniques pour réduire la consommation énergétique, mais également pour améliorer le confort et la qualité de l'espace* »<sup>21</sup>.

##### IV.5.1- L'ambiance thermique :

La maison avec cour intérieure est une typologie dans laquelle tous les espaces de vie sont distribués autour du patio intérieur. Les performances thermiques de la maison à patio reposent sur le processus d'échanges thermiques engendrés entre les différents espaces : l'espace intérieur, la cour intérieure et l'espace extérieur entre les habitations ou la rue. Concernant l'ambiance thermique intérieure, les échanges thermiques se produisent entre l'enveloppe intérieure (mur entourant le patio) et l'enveloppe extérieure (mur extérieur et toiture). Cet équilibre thermique est le résultat de l'équation : ensoleillement / ombrage / régulation thermique. Grâce à son ouverture vers le ciel, cet espace de l'intérieur est ensoleillé pendant toute l'année (selon la géométrie et la forme), et entièrement protégé de la pluie en hiver s'il ya des espaces intermédiaires comme les galeries. À l'origine, le patio est une forme qui se protège d'une façon autonome du soleil : en créant un ombrage important, elle possède

<sup>21</sup> Camous Roger, Watson Donald, L'habitat Bioclimatique : de la conception à la construction, édition l'Étincelle, Montréal, Canada, 1979.

au départ un fort potentiel formel de refroidissement passif par rapport aux autres types architecturaux.

De ce fait, « *le patio présente des ambiances très différentes, en effet, la partie haute est plutôt ensoleillée. Elle est donc plus chaude que le reste de la demeure car les masses d'air froid, par différence de pression, restent dans les espaces bas. Par ailleurs, le déplacement de ces masses d'air froid, à l'intérieur, permet une certaine régulation thermique globale* »<sup>22</sup>.

Le principe du patio a, par conséquent, comme avantage de créer un microclimat, d'offrir un contact avec le milieu dit « naturel », aussi selon Salvat-Papasseit.J, le patio est un moyen d'atténuer les fluctuations des conditions extérieures néfastes. De ce fait, il constitue une excellente stratégie spatiale de contrôle thermique des espaces adjacents.

Le patio selon la géométrie et ses gains internes et solaires, peut induire de cheminée permettent de ventiler naturellement les espaces adjacents. Il réduit les consommations d'énergie liées au système de conditionnement et aux ventilateurs.

La présence de l'eau et la végétation influe d'une manière positive sur le microclimat du patio surtout pendant la période chaude.

#### ☛ **Impact de l'eau :**

La présence de l'eau dans le patio quelque soit sa forme (fontaine, bassin d'eau, cascade, jets d'eau...), influe sur la qualité des ambiances.

Au-delà de son rôle psychologique : joyeux, tranquillisant, il crée des ambiances lumineuses variables (grâce à sa réflexion) grâce aux déplacements des taches lumineuses sur les murs entourés par le patio, et par conséquent, il offre un effet visuel dynamique.

De point de vue microclimatique :

Dans les journées chaudes de l'année, l'évaporation de l'eau engendre une humidification donc un refroidissement de l'air, selon l'équation suivante :

$H_2O \xrightarrow{\hspace{10em}} 1/2O_2 + H_2 + \text{énergie, c'est-à-dire}$

$Eau \xrightarrow{\text{Consommation d'énergie}} \text{Vapeur de l'eau}$

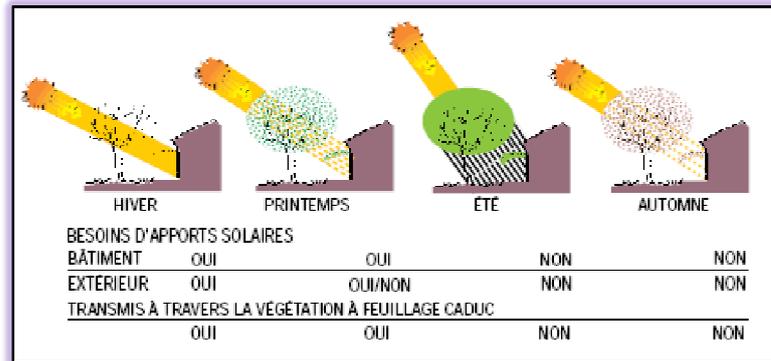
Ce qui implique, la diminution de la température extérieure (dans le patio), de ce fait, la réduction de la température intérieure (dans l'espace habitable).

☛ **Le rôle des végétations :** la végétation joue des rôles importants et différents dans le patio, par leur régulation microclimatique, leur ornementation et leurs aspects perceptibles, donc une contribution au bien être de l'individu.

Il est bien évident que le type et la taille et la forme conditionnent leurs effets. Les plantes peuvent être efficaces pendant la période d'été par leurs effets de bloquer le rayonnement

<sup>22</sup> [www.rehabimed.net](http://www.rehabimed.net)

solaire (créer l'ombre), pendant la période froide laissent passer les rayons solaires si leur feuillage est caduc.



**Figure-IV.15 : Effets des arbres à feuilles caduques**

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

D'une manière générale la végétation influence sur les trois paramètres climatiques : le rayonnement solaire, l'humidité, vent. La présence des végétations dans le patio peut garder le taux d'humidité dans le seuil de confort autour 40%.



**Photo-IV.7 : Cour des Myrtes, Alhambra de Grenade (Espagne) : Eau et végétation**

Source : Encarta, 2009

« De plus, ils réduisent la consommation d'énergie à l'intérieur des bâtiments de trois manières : les arbres, en créant une ombre sur une fenêtre, limitent les apports solaires. Les murs, les fenêtres et les toits à l'ombre s'échauffent moins et donc réduisent la quantité de chaleur atteignant l'intérieur. Le sol à l'ombre est plus frais et représente donc un puits de chaleur pour la maison »<sup>23</sup>.

En été les canopées de la végétation limitent les surchauffes des façades, sols, et limitent les apports solaires à travers les fenêtres. L'utilisation des plantes, en plus de combler plusieurs

<sup>23</sup> Vinet . Jérôme, Contribution à la modélisation thermo-aéroulque du microclimat urbain. Caractérisation de l'impact de l'eau et de la végétation sur les conditions de confort en espaces extérieurs, thèse de doctorat, Université de Nantes, 2000. P : 73

besoins biologiques des occupants, dont la simulation visuelle et olfactive, procure aussi une source de purification de l'air.

#### **IV.5.2- L'ambiance lumineuse :**

Le patio a un rôle dans l'éclairage naturel de l'espace intérieur de la maison en absence d'éblouissement visuel. L'utilisation plus facile de l'éclairage naturel permettant, pratiquement toute l'année, aucun éclairage artificiel aux heures ouvrables, favoriser l'éclairage naturel aux dépens de l'éclairage artificiel à l'avantage aussi de réduire les consommations énergétiques du bâtiment. La lumière naturelle qui pénètre dans la maison à patio rencontrera de nombreux obstacles dont la conception influera la qualité de la lumière qui arrivera éventuellement sur un plan de travail, parmi ces paramètres : la forme de la cour, indice d'exposition au soleil et Solar shadow index, les caractéristiques thermiques des murs et sols du patio, dimensions des parties occupées, vitrage des parties des espaces intérieurs, réflectivité des surfaces intérieures et extérieures du bâtiment, construction du toit.

#### **IV.5.3- L'ambiance aéraulique et olfactive :**

Dans le tissu urbain dense les constructions sont juxtaposées, généralement on trouve 2 à 3 façades mitoyennes ou plus (plusieurs mitoyens en cas d'une parcelle irrégulière), ce qui crée l'impossibilité d'ouvrir sur ces cotés, la création d'un vide à l'intérieur de la parcelle est plus que nécessaire et obligatoire, ce vide intérieur extérieur consiste le poumon de la maison. Il a un rôle dans la ventilation naturelle de la maison, que ce soit ventilation traversant à l'aide des fenêtres en haut et l'ouverture au milieu de la maison ou ventilation à un seul coté. L'air et la lumière s'y renouvellent constamment, pénétrant jusque dans les appartements.

#### **IV.5.4- L'ambiance acoustique :**

Il assure une double relation avec l'intérieur et l'extérieur. A l'écart du bruit et de l'animation de la rue, le plus grand calme règne dans chaque patio, indépendant de ses voisins.

**Conclusion :**

Il est connu que le patio existe depuis les premières civilisations comme principe organisateur des édifices privés et même publics. Il possède plusieurs rôles spirituel, organisationnel, climatique, social, psychologique ...les caractéristiques du patio dépend aux facteurs formels et physiques. En premier lieu l'étude des paramètres formels (géométrique) a montré que le patio dépend essentiellement de deux ratios (R1 et R2), ces deux derniers conditionnent la quantité d'énergie transmet à l'intérieur de la maison, et de ce fait, sur la thermique du bâtiment et sur le confort thermique dans le patio et dans les espaces adjacents. En deuxième lieu l'étude des éléments physiques a permis d'étudier l'effet modificateur de l'eau et la végétation sur le microclimat du patio et automatiquement sur les pièces entourés par celui-ci. En termes d'ambiance thermique le dispositif objet de notre recherche dépend principalement du facteur géométrique et physique où leur fonctionnement thermique est basé sur les échanges thermiques qui se produisent au niveau des enveloppes (intérieure et extérieure). La création de ce principe favorise l'idée de réduction des proportions des murs extérieurs par rapport aux murs intérieurs pour restreindre l'influence des fluctuations climatiques extérieures (ensoleillement, vent...) sur l'ambiance intérieure. Donc il procure un rafraîchissement passif sans système actif suivant les paramètres cités-ci dessus.

## *L'état de l'art sur l'efficacité thermique du patio*

« *La chose, terme transcendant d'une série ouverte d'expériences* »<sup>1</sup>.  
**Maurice Merleau-Ponty**

### **Introduction :**

Avant d'entreprendre une analyse sur le comportement thermique du patio dans notre cas d'étude, il nous a paru utile d'analyser certaines expériences, en faisant appel à plusieurs paramètres relatifs à ce dispositif. Ce genre d'étude vise à améliorer la compréhension objective qui garantit une bonne conduite de la recherche à travers la lecture des exemples spécifiques et diversifiés.

Le patio et ses effets thermiques étaient traités par plusieurs chercheurs à savoir : Mohsen (1978), Etzion (1995), Cadima (2000)... toutes ces études recommandent la protection des surfaces exposées vis-à-vis des rayons solaires intenses et le vent de sable chaud (pour les climats chauds et arides). C'est-à-dire, ces études confirment que la performance du bâtiment à patio est en fonction de la quantité des radiations reçues par l'enveloppe, mais cela reste relatif pour des climats bien déterminés, car l'irradiation est en fonction de la latitude, les conditions climatiques, la période saisonnière et journalière et la configuration du patio lui-même.

Dans ces dernières années, le thème objet de notre recherche est évoqué dans plusieurs études, l'intérêt est d'avoir des conclusions plus précises et exactes sur l'efficacité thermique en analysant les paramètres géométriques et physiques sous plusieurs climats. Parmi les études nous citons l'exemple des travaux de recherche menés par Muhaisen S.A et Gadi B.M à l'aide de la simulation informatique. Aussi, on va présenter les recherches de Tablada.A et al et Rajapaksha.I et al sur des patios sous un climat tropical.

Dans ces recherches, on s'intéresse surtout à deux climats : celui de Rome, ce choix est justifié par sa position dans le bassin méditerranéen et celui de Havane et Sri Lanka, ces deux villes possèdent un climat tropical se caractérise principalement par le contraste en période estivale : température élevée avec un taux d'humidité important, ces deux climats bien similaires à celui de notre cas d'étude.

---

<sup>1</sup> Maurice Merleau-Ponty in CD-ROM 12 dictionnaires indispensables

### V.1- L'étude de Muhaisen.S A et Gadi.B M : l'effet de la proportion du patio sur les gains solaire et la demande énergétique dans le climat tempéré de Rome :

Muhaisen.S A et Gadi.B M dans ce travail traitent l'effet de la proportion du patio sur les gains de chaleur et la demande énergétique de chauffage et de refroidissement sous le climat de Rome.

#### V.1. 1-Présentation du climat de Rome :

Rome se bénéficie d'un climat méditerranéen caractérisé par des conditions climatiques modérées : des étés chauds et humides et des hivers froids et tempérés. Le ciel est généralement clair, une température modérée, le vent moyen. Les pluies tombent dans les deux saisons l'automne et l'hiver, avec un minimum en été. Sa position dans le bassin méditerranéen lui confère des températures annuelles modérées.



**Figure-V. 1: Situation de ville de Rome**  
Source : Muhaisen. S A et Gadi. B M, 2005

#### V.1. 2- Les moyens de modélisation thermique :

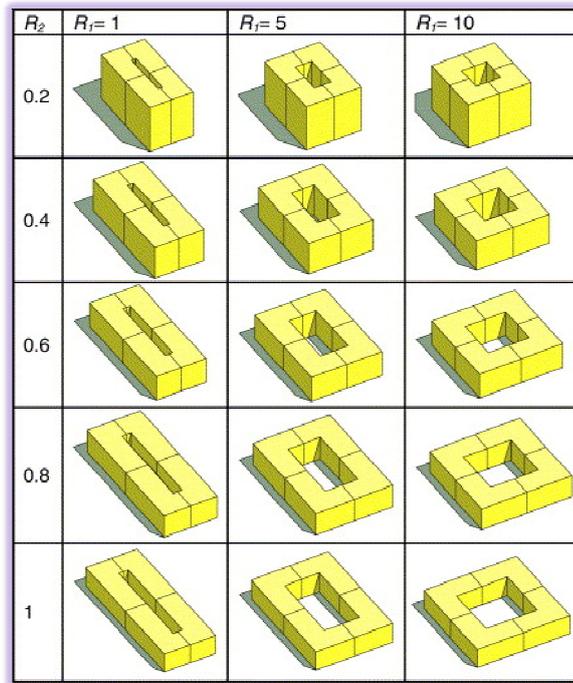
Les programmes utilisés dans cette investigation sont : "ModeleIT" pour introduire la base de données), "Apache-Sim" pour la simulation thermique et "SunCast" pour l'analyse de l'ombrage (l'ombre portée par les parois du patio).

#### V.1. 3- L'effet de la proportion du patio sur les gains solaire et la demande énergétique :

**V.1. 3.1- Présentation des cas d'étude :** Les cas étudiés sont présentés sur la figure V.2, R1 prend les valeurs de : 1, 5, 10 et R2 : 0.2, 1 avec un pas de 0.2.

Où :  $R1 = P/H$  avec : P : représente le périmètre et H : la hauteur du patio

$R2 = W/L$  avec : W : représente la largeur et L la longueur



**Figure-V. 2: Les formes rectangulaires simulées**  
 Source : Muhaisen.S A et Gadi. B M, 2005

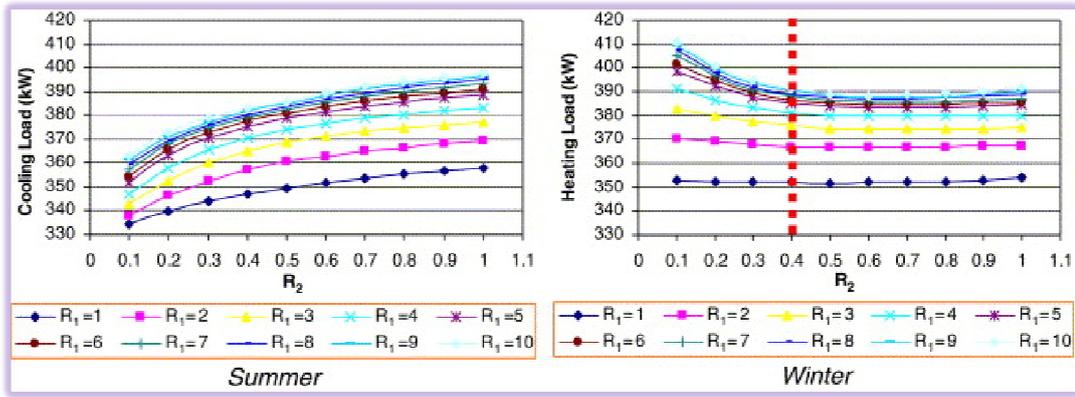
**V.1. 3.2- Les résultats :** La figure 2 représente les besoins en chauffage et refroidissement selon les différents types géométriques du patio

↻ **Le refroidissement :**

Plus ( $R_2$ ) est élevé plus le besoin en refroidissement augmente pour toutes les valeurs de ( $R_1$ ) en notant que ce besoin est maximale pour les formes superficielles (de petite hauteur), le rythme de cette augmentation sera plus petit lorsque  $R_1 > 5$ .

↻ **Le chauffage :**

Les graphes en besoin de chauffage sont celles du refroidissement, mais d'une façon renversée. Lorsque ( $R_1=1$  et 2) et pour n'importe quelle valeur de ( $R_2$ ), ces valeurs ne provoquent pas une augmentation en besoin de chauffage, mais à partir de ( $R_1 > 2$ ) et ( $R_2$ ) inférieur à (0.4) on remarque un développement remarquable, Il est remarqué aussi pour n'importe quelle valeur de  $R_1$ , en augmentant  $R_2$  plus de 0,4 n'influe pas sur la demande énergétique en chauffage, la valeur maximale est signalée pour ( $R_1=10$  et  $R_2=0.1$ ) et qui représente. La lecture horizontale des graphes montre que pour des valeurs  $R_1 > 5$  on ne remarque pas une augmentation significative dans les besoins en chauffage.



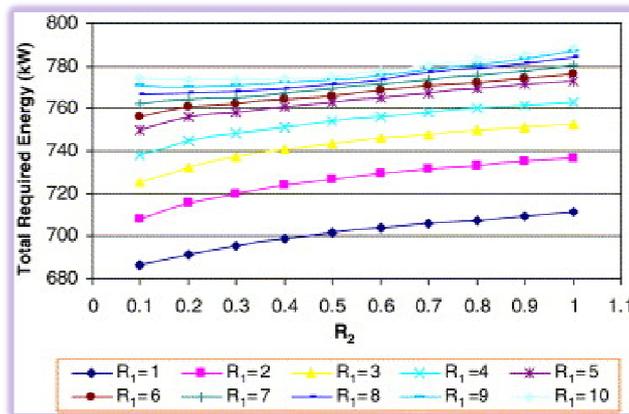
**Graphe-V. 1: Effet de changement des ratios du patio sur les besoins annuels de refroidissement et de chauffage.**

Source : Muhaisen.S A et Gadi. B M, 2005

**La demande énergétique globale annuelle :**

D'une manière générale, la forme la plus adéquate est celle qui assure moins de consommation énergétique pour les deux périodes (chaude et froide). Il est clair que le besoin annuel s'accroît en augmentant le ratio ( $R_2$ ) et cela pour toutes les valeurs de ( $R_1$ ), en signalant un minimum pour ( $R_1 = 1$ ) et le maximum pour ( $R_1 = 10$ ).

La forme optimale est celle qui possède ( $R_1 = 1$  et  $R_2 = 0.1$ ), mais cette forme est architecturalement non préférée ou irréalisable. Généralement, les besoins énergétiques sont maximaux pour  $R_2 = 1$  (forme carrée), tandis que le minimum est remarqué lorsque  $R_2 = 0.1$ .



**Graphe-V. 2: Le besoin énergétique annuel**

Source: Muhaisen.S A et Gadi. B M, 2005

**V.1. 4- L'effet de l'ombre sur les gains solaires et la demande énergétique :**

**V.1. 4.1- Présentation des cas d'étude :**

Dans cette partie les auteurs sont intéressés à l'effet de la l'ombre sur les besoins énergétique de chauffage et de refroidissement, avec ( $R_1$  entre 1 et 10,  $R_2 = 0.5$ ). Les formes simulées sont représentées sur la figure-V.3

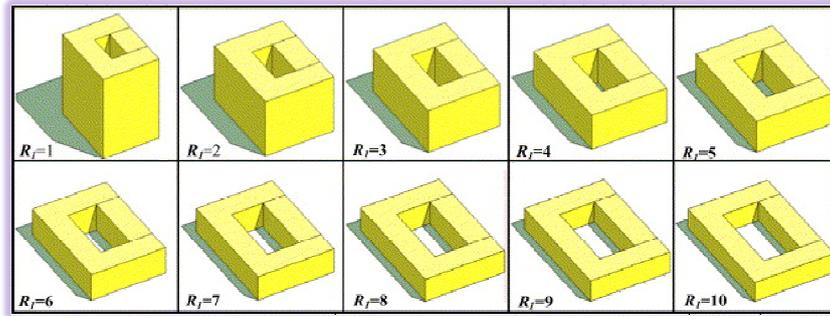


Figure-V. 3: Les formes rectangulaires simulées (effet combiné de la hauteur et l'ouverture au ciel)

Source : Muhaisen.S A et Gadi. B M, 2005

V.1. 4.2- Les résultats :

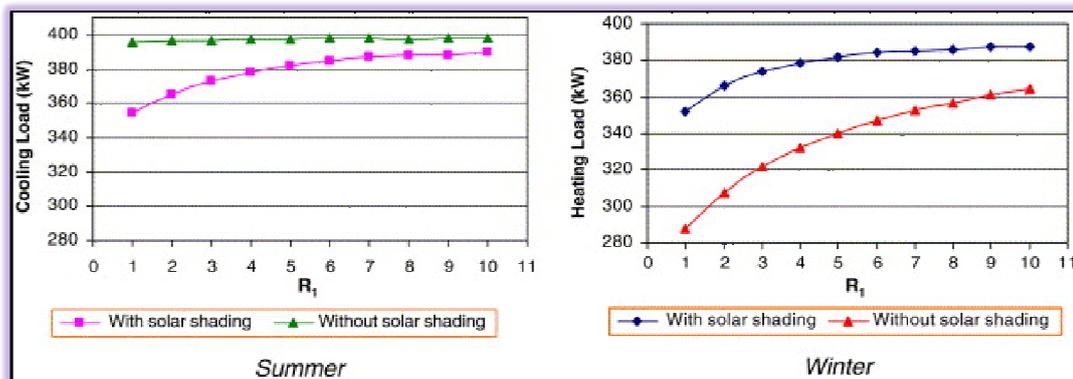
**Été :** La quantité d'énergie pour le refroidissement est influencée par l'ombre portée par les murs du patio surtout pour les valeurs  $R_1$  entre 1 et 5, c'est-à-dire plus la hauteur est élevée et le taux d'ouverture est petit, on aura moins de consommation énergétique pour le refroidissement.

Par contre si on ne prend pas en considération l'effet de l'ombre on aura plus d'énergie et dans ce cas les deux indices cités au dessus n'ont pas un effet significatif sur la demande énergétique.

**Hiver :** Les deux graphes prennent presque la même allure (ils sont conditionnés par le ratio  $R_1$ ).

Si on tient compte de l'ombrage des parois du patio, la quantité d'énergie pour le chauffage est plus élevée, ce qui s'explique par le refroidissement des parois par l'effet de l'ombre. Lorsqu'on néglige ce dernier, l'énergie fournie pour le chauffage est moins élevée.

On a aussi, plus la hauteur est peu profonde avec un taux d'ouverture au ciel important, on aura plus d'énergie à consommer pour le chauffage, ce qui explique l'effet des déperditions thermiques sur la consommation énergétique pour les formes superficielles et ouvertes (c'est-à-dire l'ouverture du patio).



Graph-V. 3: Effet de changement de la hauteur et l'ouverture au ciel sur les besoins énergétique de refroidissement et de chauffage

Source: Muhaisen.S A et Gadi. B M, 2005

### V.1. 5- L'effet de l'élongation du patio sur les gains solaire et la demande énergétique :

#### V.1. 5.1- Présentation des cas d'étude :

Pour montrer les effets de la largeur sur la demande énergétique une étude menée dans des patios presque similaires mais de largeurs différentes, ( $R_2$ ) qui se varie entre (0.1 et 1) et  $R_1=5$ .

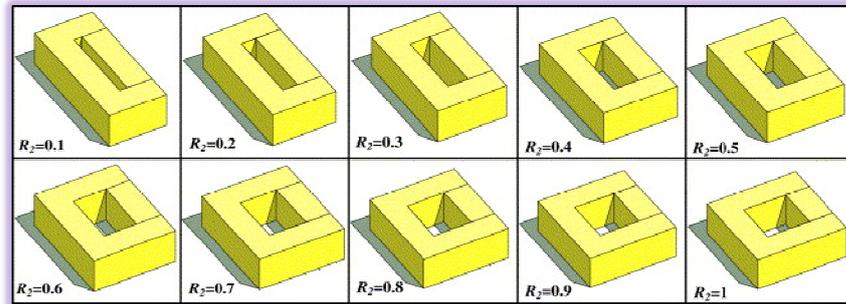


Figure-V. 4: Les formes rectangulaires simulées (élongation)

#### V.1. 5.2- Les résultats :

Source : Muhaisen.S A et Gadi. B M, 2005

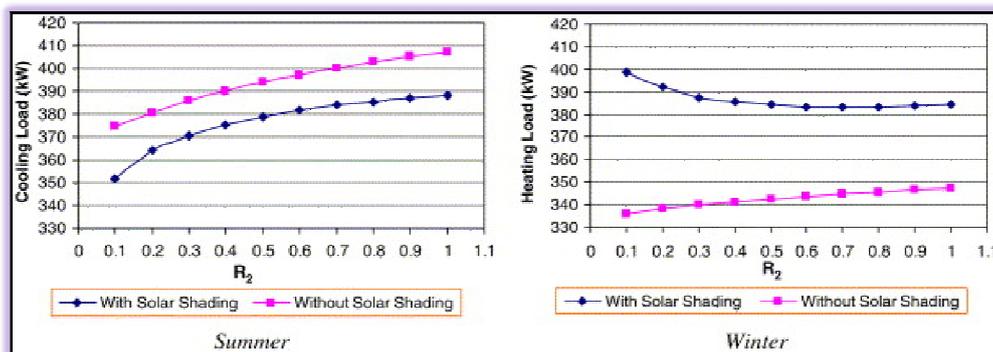
D'après les résultats représentés dans le graphe-V.4, on a les remarques suivantes :

**Été** : les deux courbes prennent une allure parallèle, la quantité d'énergie nécessaire pour rétablir le confort est très importante si on néglige l'effet de l'ombre.

La forme la plus allongée demande une énergie pour le refroidissement moins que la forme moins effilée avec un taux de 4% le cas où on prend en considération l'effet de l'ombre, le minimum et le maximum soient respectivement avec l'indice  $R_2 = 0.1$ ,  $R_2 = 1$

De la comparaison entre les résultats des simulations effectuées sur les dix configurations, il ressort que le patio étroit ( $R_2 = 0.1$ ) est consomme moins d'énergie par rapport à patio large ( $R_2 = 1$ ).

**Hiver** : si on prend en considération l'effet de l'ombrage sur des parois, la quantité d'énergie en chauffage diminue en augmentant le  $R_2$ . Lorsque  $R_2 > 0.5$  on remarque une stabilité dans le besoin en énergie. Avec la forme où  $R_2 = 0.1$  on aura le minimum dans la demande énergétique si on ne prend pas en considération l'effet de l'ombre. Mais si on tient compte ce dernier c'est complètement l'inverse, ce qui explique l'effet de l'ombre dans l'accentuation du refroidissement des espaces dans la période froide.



Graphe-V. 4 : L'effet de l'élongation du patio sur le besoin énergétique annuel (refroidissement et chauffage)

Source: Muhaisen.S A et Gadi. B M, 2005

**V.1. 3.3- Note importante N°1 :**

La forme géométrique du patio influe considérablement sur le besoin annuel en chauffage et en climatisation. La quantité des radiations reçues sur l'enveloppe intérieure du patio a un effet significatif sur la quantité des gains solaires donc sur les besoins en énergie.

Une forme profonde (soit avec une hauteur importante) est la plus satisfaisante pour les deux périodes, car cette forme donne plus d'ombre pour la période chaude (économiser l'énergie pour le refroidissement) et pendant la période froide cette forme assure moins de chaleur perdue et donc moins de besoin en chauffage. L'ombre portée par les parois du patio provoque une réduction en besoin de climatisation avec une moyenne de 4% tandis qu'en hiver, contribue à l'augmentation du chauffage avec un taux de 12%. Cela explique que pour un climat tempéré comme celui de Rome, la stratégie de conception bioclimatique se doit de favoriser beaucoup plus la période froide.

Pendant l'été, les charges de refroidissement sont plus importantes pour les formes les plus superficielles et allongées. De ce fait, la forme profonde et peu allongée est la plus adaptée pour la réduction des besoins en refroidissement

Pendant l'hiver, la quantité des radiations reçues surtout pour des valeurs élevées de R1 et R2, aide à chauffer le bâtiment et par conséquent réduire les charges de chauffage.

**V.2- L'étude de Muhaisen. S A : Simulation de l'ombrage pour différentes formes du patio dans différents latitudes :**

La performance thermique du patio est affectée par la pénétration des radiations solaires à l'enveloppe intérieure, alors que les irradiances sont conditionnées par la géométrie de cet espace et la position du soleil dans le ciel, la règle principale du confort thermique en été, c'est d'avoir un ombrage optimal, par contre en hiver c'est totalement le contraire.

Les bâtiments à patio sont conditionnés par la forme géométrique et l'aspect physique et la position sur la terre (la latitude).

Le logiciel utilisé dans cette investigation est CourtSun, ce programme prévoit la surface ombragée et ensoleillée dans n'importe quelle forme géométrique du patio.

**V.2.1- Objectifs de la recherche :**

Cette étude pour but de ressortir les éléments suivants :

- L'effet des conditions climatiques sur le choix de telle dimension pour avoir une raisonnable performance thermique.
- L'effet de la latitude et la course du soleil saisonnière et journalière sur le taux d'exposition et de protection de l'enveloppe intérieure.
- Chercher l'orientation optimale pour chaque latitude examinée.

## V.2.2- Simulation de l'ombrage pour différentes formes du patio:

### V.2.2.1- Présentation des cas d'étude :

Dans cette recherche, Muhasein. S.A a examiné plusieurs paramètres à savoir :

- A. Le champ spatial (la latitude).
- B. Le champ temporel
- C. Aspect géométrique (plusieurs formes rectangulaires).

#### ☛ Le champ spatial :

Les villes objet de cette recherche ont des latitudes et des conditions climatiques différentes, elles sont présentées dans le tableau suivant :

La ville	Latitude et longitude	climat
<b>Kuala Lumpur</b>	3°N, 101°E	Chaud et humide
<b>Caire</b>	30°N, 31°E	Chaud et sec
<b>Rome</b>	41°N, 12°E	tempéré
<b>Stockholm</b>	59°N, 18°E	froid

Tableau-V.1 : les villes choisies pour la simulation  
(Kuala Lumpur, Caire, Rome, Stockholm)

Source : Muhaisen, S A 2005 reproduit par l'auteur, 2009

#### ☛ Le champ temporel :

La simulation est faite dans deux mois extrêmes : Juin et Décembre, où la hauteur du soleil est la plus haute pour le 21 juin et la plus basse pour 21 décembre. Les résultats sont relevés à 14 :00h

#### ☛ Aspect géométrique:

Les formes simulées ont deux principales caractéristiques : la hauteur et l'ouverture au ciel qui sont respectivement : R1, R2. Où :  $R1=P/H$  avec :

P : représente le périmètre et H la hauteur du patio, ce ratio se varie de 1 jusqu'à 10.

$R2=W/L$  avec :

W : représente la largeur et L : la longueur, Ce ratio se varie de 0,1 jusqu'à 1.

On distingue dans ce tableau deux dispositions des formes du patio : horizontale et verticale

Horizontalement : ces formes se varient de très étroites vers la plus prolongée  $R2=0,1$  à 1

Verticalement : les formes se dégradent de la forme la plus profonde ( $R1=1$ ) jusqu'à la forme la plus superficielle ( $R1=10$ ).

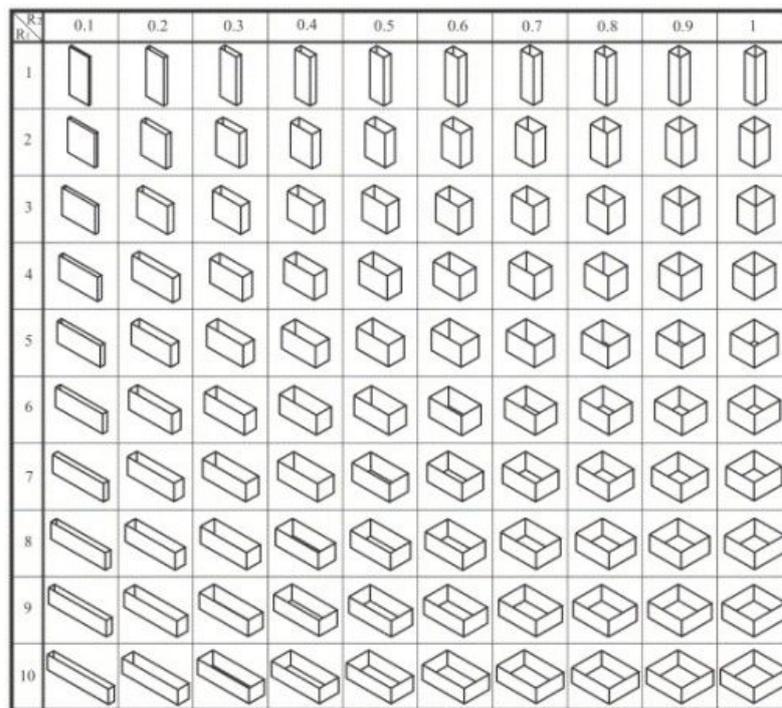


Figure-V. 5: Les formes rectangulaires simulées

Source : Muhaisen A, 2005

### V.2.2.2- Les résultats :

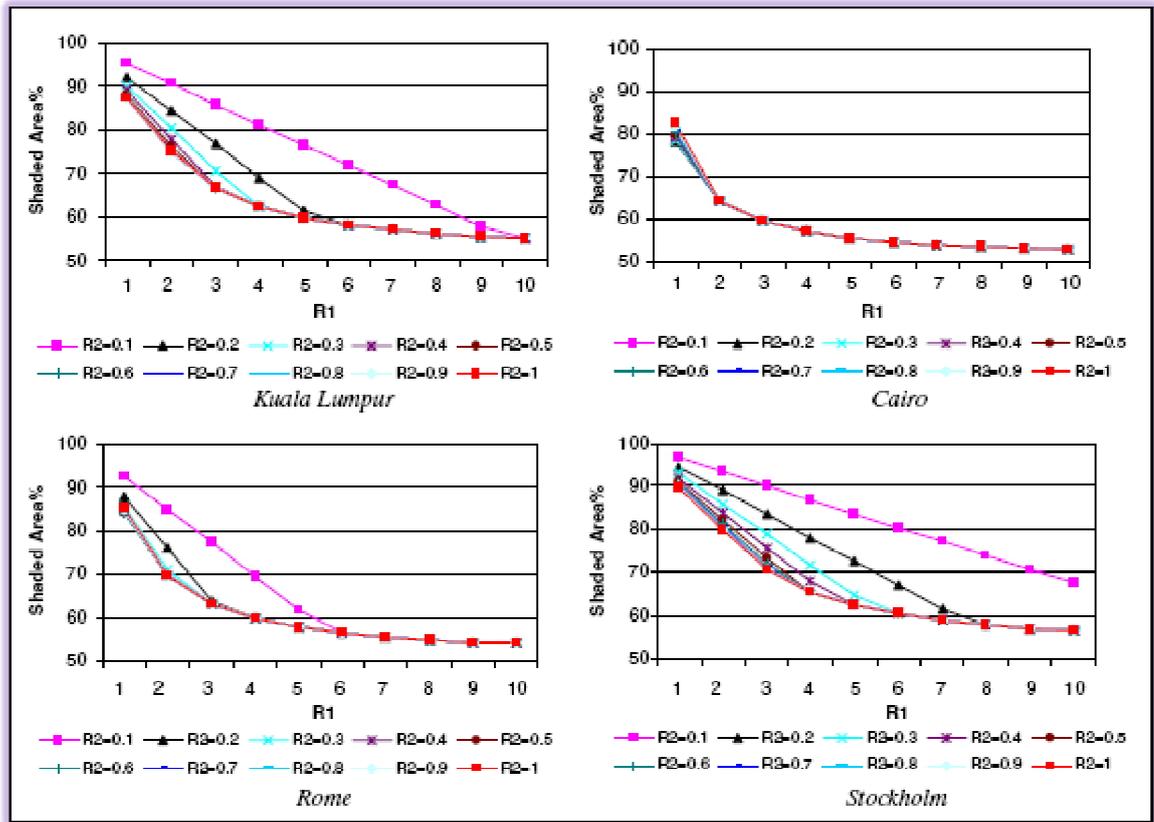
Pour bien comprendre l'effet de la forme sur la protection ou l'exposition au soleil de l'enveloppe intérieure une série de combinaisons des deux ratios ( $R_1$ ,  $R_2$ ) était faite dans les deux saisons.

#### ✦ Les résultats de l'été :

Le graphe V.5 présente l'effet de changement de  $R_1$  sur la surface ombragée pour toutes les valeurs de  $R_2$  en examinant toute les villes.

Il est clair que la surface ombragée diminue lorsque  $R_1$  approche de 10 (la forme peu profonde), et  $R_2$  n'a pas d'importante influence surtout pour la ville de Rome et le Caire. A Stockholm et Kuala Lumpur on n'observe une légère variation dans le cas où ( $R_2 = 0,1$  ou  $0,2$ ).

Généralement, pour avoir une protection maximale il faut élever la hauteur du patio, c'est-à-dire ( $R_1 = 1$ ), le pourcentage obtenue pour le Caire et Stockholm sont respectivement (82%) et (90% ). Avec ( $R_1 = 10$ ) on obtient un minimum au Caire (52%) et (56%) à Kuala Lumpur. On remarque aussi une décente rapide du pourcentage de la surface protégée lorsque ( $R_1 = 1$  jusqu'à 5), le résultat est insignifiant lorsque ( $R_1 = 5$ ).



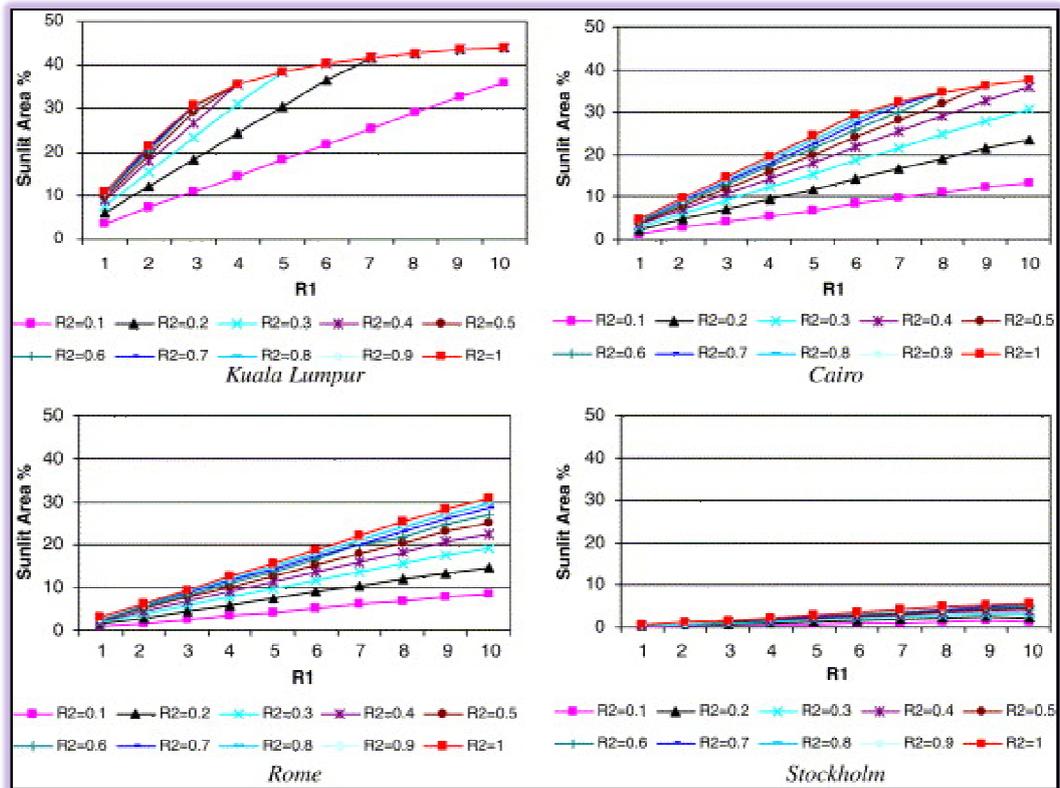
**Graphe-V.5 : le pourcentage de la surface ombragée en modifiant les proportions du patio-été-**  
 Source : Muhaisen A, 2005

**Les résultants de l'hiver :**

Pendant l'hiver les radiations sont souhaitables afin d'avoir une surface performante exposée au soleil, de ce fait, la forme peu profonde (R1 est grand) répond positivement à cette objectif hivernal. Pour les trois villes : Rome, Caire et Stockholm l'effet de changer R2 est clairement remarquable, la surface exposé au soleil est grande en augmentant R2 pour n'importe quelle valeur de R1. Le rythme est encore grand lorsque R1 approche de 10. Le changement de R2 dans la ville de Kuala Lumpur n'a pas un effet important sauf pour (R2 = 0,1 ou 0,2) et cela revient à son rapprochement de l'équateur (le soleil est très élevé dans le ciel).

La surface maximale exposée au soleil est produite lorsque R1 =10 et R2 =1, avec les rapports suivants 44%, 37.55%, 30.8% et 5.6% dans les villes examinées respectivement, Kuala Lumpur, Caire, Rome et Stockholm.

Cependant, le minimum est remarqué R1 of 1 (la forme la plus profonde) et R2 = 0.1 (la forme la plus allongée), ce qui implique que la forme superficielle avec une valeur élevée de R2, est la forme la plus convenable pour la saison d'hiver.



Graph-V. 6 : le pourcentage de la surface ensoleillée en modifiant les proportions du patio-hiver-

Source : Muhaisen A, 2005

**V.2.3- L'effet de la hauteur du patio sur le taux de la surface ombragée dans les quatre villes :**

Généralement le choix de la hauteur du patio est relatif aux conditions climatiques. Pour n'importe quels ratios des patios, le plus profond provoque un ombrage important.

Dans les climats chauds, la hauteur du soleil est toujours élevée dans le ciel, il donc est préférable d'avoir des patios profonds pour permettre un ombrage performant. Par contre, les climats froids optent pour des patios de petite hauteur pour laisser la pénétration des rayons solaires à l'espace intérieur de ce dispositif.

**V.2.3.1- Présentation des cas d'étude :**

Dans cette investigation, les données de la simulation sont : forme du patio : rectangulaire où H de l'étage=3m, R2=0,5, les hauteurs simulées : RDC, R+1, R+2, R+3, R+4. Voir Figure-V.6

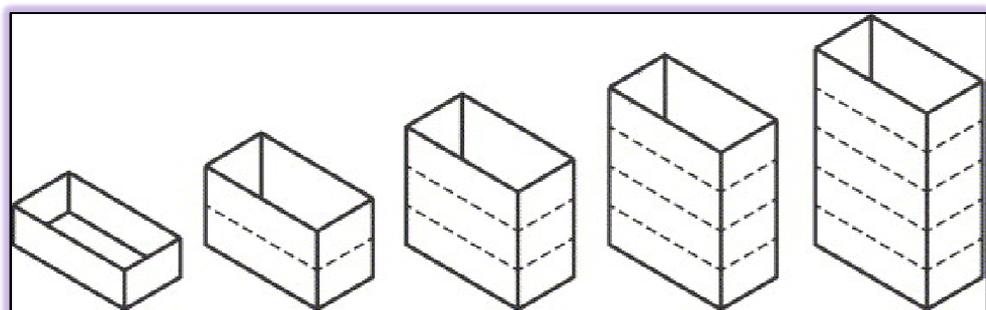


Figure-V. 6: les hauteurs simulées

Source : Muhaisen. A, 2005

**V.2.3.2- Les résultats :** les résultats obtenus sont représentés par la surface ombragée et exposée au soleil à 14h00.

✦ **Les résultats d'été :**

La protection au soleil est plus grande en augmentant la hauteur du patio pour toutes les villes. Le minimum est observé avec un patio composé d'un seul niveau avec un intervalle de 50-60% dans les quatre régions testées. Alors que le maximum de la surface protégée est assuré avec une forme composée de 5 niveaux, en soulignant que ce pourcentage se varie d'une ville à une autre. Voir tableau-V.2

La ville	Pourcentage de la surface ombragée	Latitude et longitude
Kuala Lumpur	73%	3°N, 101°E
Caire	65%	30°N, 31°E
Rome	67%	41°N, 12°E
Stockholm	77%	59°N, 18°E

**Tableau-V.2 : le taux maximal de la surface ombragée**

Source : Muhaisen. A, 2005

✦ **Les résultats d'hiver :**

Le développement de l'allure d'exposition au soleil prend un sens inverse par rapport à celui de l'été, la surface exposée au soleil se diminue au fur et à mesure en augmentant la hauteur, où on remarque le maximum avec un seul niveau et le minimum avec le patio à cinq niveaux. Voir tableau-V.3

La ville	Pourcentage de la surface exposée (R+4)	Pourcentage de la surface exposée (RDC)
Kuala Lumpur	50%	25%
Caire	40%	10%
Rome	32%	7%
Stockholm	7%	1%

**Tableau-V.3 : le taux maximal et le minimal de la surface exposée au soleil**

Source : Muhaisen. A, 2005

Pour une performance efficace, les niveaux sont les suivants :

Kuala Lumpur —————> 3 niveaux

Caire et Rome —————> 2 niveaux cette forme est performante pour les deux périodes

Stockholm —————> un seul niveau (il est performant surtout pour la période d'hiver)

Pour maximiser la surface protégée pendant l'été au Caire et Rome il est préférable de retenir une forme avec 3 niveaux (et cela ne provoque pas un déséquilibre sur le bilan thermique d'hiver).

### V.2.4-Effet de la course journalière du soleil sur la surface ombragée :

Le parcours du soleil dans le ciel dépend de plusieurs facteurs : la latitude, la saison, le jour de l'année. Ce mouvement est généralement symétrique par rapport à midi dans n'importe quel jour de l'année. Le soleil est très basse en hiver et très élevé au ciel pendant l'été.

L'enveloppe intérieure du patio est influencée par la séquence journalière du soleil.

L'investigation du chercheur est dictée par les données suivantes :  $R_1=5$ ,  $R_2=0,5$ . La simulation est de 7h00 du matin jusqu'à 17h00 du soir.

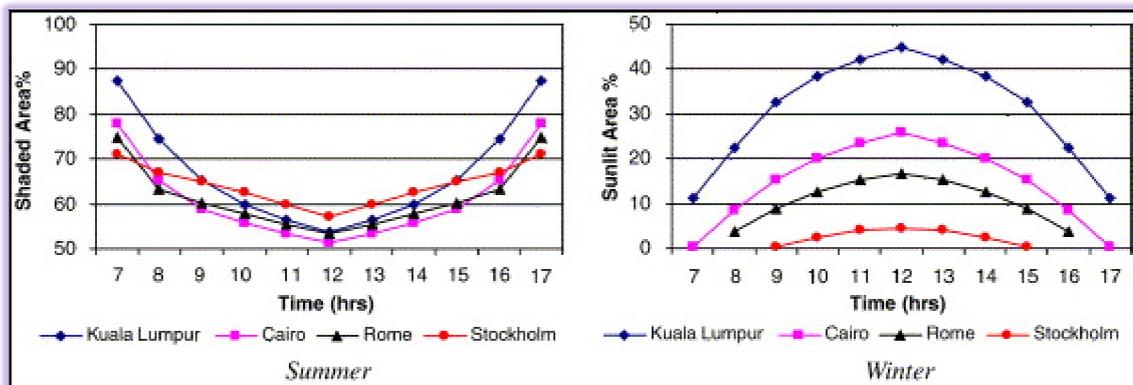


Figure-IV.7 : le pourcentage de la surface exposée et protégée selon le temps (été et hivers)  
Source : Muhaisen A, 2005

#### V.2.4.1-Les résultats :

La lecture des graphes montre que le pourcentage de la surface ombragée ou ensoleillée prend une forme symétrique, concave en été et convexe en hiver. Pendant l'été, le pourcentage de la surface ombragée se décroît lorsque le temps s'approche de 12h00, car le soleil est très élevé dans le ciel, au lever et au coucher du soleil l'ombrage atteint son maximum, parce que le soleil cette fois est très bas. On signalant la présence d'une différence entre les quatre villes, À midi, le pourcentage maximum de l'ombrage est observe à Stockholm (58%) tandis que le minimum est signalé au Caire (51.5%). Pour Kuala Lumpur and Rome, ce pourcentage est égal à une valeur de 54%. Cependant, si on examine d'autre temps, ces taux ne sont pas par cet ordre. Par exemple, à 7h00 le maximum est signalé à Kuala Lumpur (88%), bien que le minimum soit de (71%) pour la ville de Stockholm.

Dans une journée d'hiver : l'allure des graphes est reversée par rapport à l'été, la surface maximale ensoleillée est marquée à midi car le soleil est plus haut, après se décroît graduellement de part et d'autre. On remarque toujours une différence entre les régions étudiées, en hivers, la tendance montre clairement l'effet de la latitude sur la surface ensoleillée, les hautes latitudes ont un indice d'exposition minimum par rapport aux celles qui sont basses pendant l'hiver. Le taux maximum de la surface exposée au soleil est remarqué à

midi avec les valeurs 45%, 26%, 17% et 4.5% respectivement pour les villes Kuala Lumpur, le Caire, Rome et Stockholm.. Voir tableau V.4

La ville	Pourcentage de la surface ombragée	Pourcentage de la surface ensoleillée
Kuala Lumpur	54%	45%
Caire	51,5%	26%
Rome	54%	17%
Stockholm	58%	4,5%

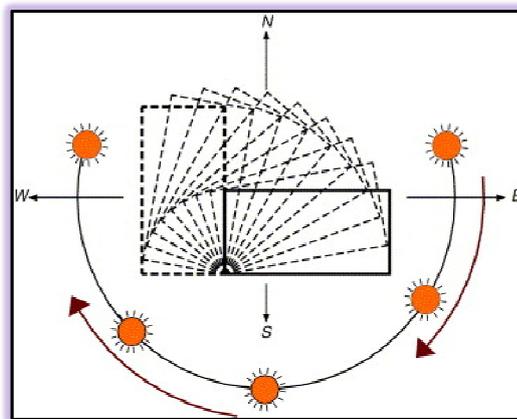
**Figure-V.4 : le pourcentage de la surface ombragée et ensoleillée dans les différentes villes**

Source : Muhaisen A, 2005

### V.2.5-L'effet de l'orientation :

L'orientation du patio joue un rôle primordial dans leur comportement thermique et automatiquement sur les espaces entourées par celui-ci.

Les conditions de l'investigation sont les même que celles de l'effet de la course journalière du soleil, le changement se réside seulement dans l'angle du patio de 0 à 90° avec un pas de 10°. Les résultats de la simulation sont synthétisés dans le graphe-V.8



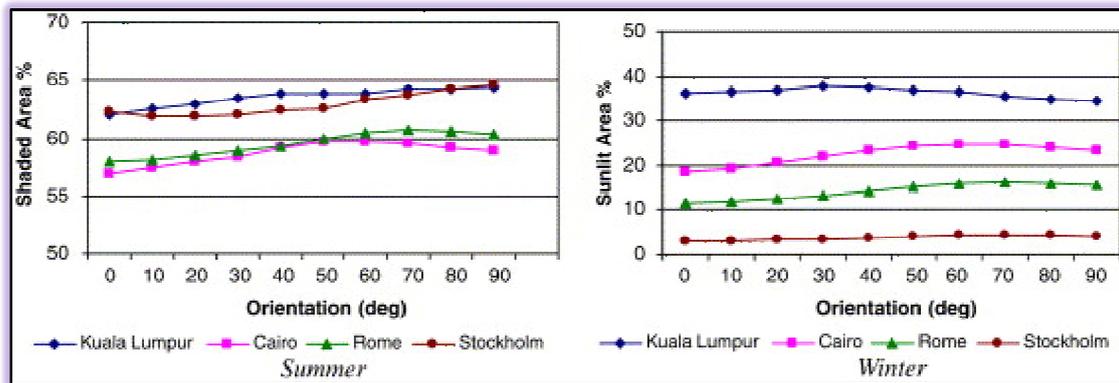
**Figure-V. 7: les orientations simulées**

Source : Muhaisen A, 2005

➤ **Été** : le pourcentage de la surface ombragée maximale est important avec un angle de 60° à 70° respectivement pour les deux villes le Caire et Rome. Et avec un angle de 90° pour Kuala Lumpur et Stockholm où le taux maximal est obtenu lorsque la forme est allongée selon l'axe nord-Sud. Alors que le pourcentage de la surface protégée minimale est remarqué avec une orientation Est-Ouest (0°) pour toutes les régions étudiées, après, elle augmente au fur et à mesure en augmentant l'angle mais avec une cadence légère, alors que pour le Caire et Rome on signale une diminution légère.

➤ **Hiver** : la différence entre les villes dans cette période est plus claire, l'exposition au soleil sera plus grande lorsqu'on rapproche vers l'angle 30° pour la ville de Kuala Lumpur, au delà de cet angle on remarque une réduction de la surface ensoleillée (c'est l'angle optimal).

Alors que les autres régions, la surface ensoleillée est grande entre l'angle 70°-80°, ces angles se sont presque les angles qui produisent le maximum de protection dans la période estivale.



Graph-V. 8 : l'effet de l'orientation sur la surface ensoleillée

Source : Muhaisen.A et Gadi.M , 2006

**V.2.6-Les ratios optimaux :**

Il n'est pratique de supposer un ratio spécifique, mais plutôt, il s'agit de donner un intervalle de R1 et R2 pour obtenir une performance pour les deux saisons les localisations testées, une protection optimale pour la période d'été et une exposition au soleil encore optimale pour la période d'hiver.

-Un ratio optimal pour la saison chaude : est celui qui produit un pourcentage maximum des surfaces ombragées.

-Un ratio optimal pour la saison froide : est celui qui produit un pourcentage maximum des surfaces ensoleillées. Le tableau suivant donne les ratios optimaux pour chaque ville :

Location	Été		hiver		Acceptable réduction	
	Optimum ratio	Valeur Maximal (%)	Optimum ratio	Valeur Maximal (%)	Été (%)	hiver (%)
<b>Kuala Lumpur</b>	$R_1=1, R_2=0.1$	95.3	$R_1=10, R_2=1$	44	40	40
<b>Caire</b>	$R_1=1, R_2=1$	82.6	$R_1=10, R_2=1$	37.5	35	50
<b>Rome</b>	$R_1=1, R_2=0.1$	92.4	$R_1=10, R_2=1$	30.8	40	40
<b>Stockholm</b>	$R_1=1, R_2=0.1$	96.7	$R_1=10, R_2=1$	5.6	50	40

Tableau-V.5 : les ratios optimaux pour les deux périodes

Source : Muhaisen, S A, 2005

D'une manière générale, le rang recommandé des ratios pour avoir la protection et l'exposition optimales se diverse selon la localisation et bien sure les conditions climatiques de chaque ville :

*Kuala Lumpur* : R1 entre 3 et 7 avec des formes de profondeur moyenne et presque toutes les valeurs de R2 sont autorisées. *Caire* : R1 entre 4 et 8 avec des formes peu profonds.

*Rome et Stockholm* : R1 avec des valeurs importantes et même pour R2 aussi, généralement, il est recommandé des formes de petite profondeur. A cause de la faible hauteur du soleil presque pendant dans toute l'année.

### **V.1. 7- Note importante N°2 :**

Les conditions climatiques ont un rôle déterminant sur la performance du patio et par conséquent sur les ratios recommandés dans chaque région. La position du soleil a une relation directe pour régénérer l'ombre dans les formes choisis (considérés). Généralement, on obtient un ombrage minimum sur les surfaces internes du patio lorsque le soleil est plus haut dans le ciel.

Pendant l'été, le taux de la surface protégée se diminue graduellement dans n'importe quelle situation, lorsque la forme du patio sera superficielle (peu profonde). En hiver, le patio peu profond offre la possibilité d'augmenter la surface ensoleillée. Et cela est dû à la capacité des rayons solaires d'entrer à l'enveloppe intérieure du patio.

Donc, la hauteur du patio joue un rôle très important dans la demande énergétique, son rôle est déterminant essentiellement pendant la période hivernale. Une forme plus haute demande moins d'énergie pour le chauffage par rapport à une forme basse, R1=10 (une différence de 35KW), et cela revient à sa capacité de minimiser les déperditions.

Dans le climat chaud et humide, il est recommandé d'avoir un patio avec R1 entre 3 et 7, avec R2 n'importe. Pour le climat chaud et sec, on choisit de préférence des formes qui tendent à être légèrement peu profond (légèrement superficielle) R1 entre 4 et 8, avec R2 n'importe.

Pour le climat tempéré et froid, il est utile de prévoir des formes superficielles pour permettre aux rayons solaires d'accéder aux murs et sols de l'enveloppe interne du patio. La hauteur optimale est :

3 niveaux : climat chaud et humide (Kuala Lumpur)

2 niveaux : climat chaud et sec et climat tempéré (Caire, Rome)

Un seul niveau : climat froid (Stockholm)

Changer l'élongation des formes rectangulaires n'a pas d'influence sur l'ombre portée Sur l'enveloppe interne du patio, cela à cause de la grande hauteur du soleil. (Spécialement pour le climat chaud et tempéré), ce qui donne des surfaces ombragées égales pour différent valeurs de R2.

L'un des paramètres que l'architecte est sensé manipuler au tout début du projet concerne l'orientation du bâtiment. De celle-ci vont dépendre les conditions d'ensoleillement des parois internes du patio. Pour le climat chaud et humide, on a remarqué que l'orientation du patio selon l'axe Nord-est/sud-ouest est désirable pour atteindre une performance

raisonnable, tandis que, dans le climat tempéré et froid, il est souhaitable d'orienter le patio selon l'axe : Nord/Sud.

Une orientation entre Nord-est/Sud-ouest et Nord/ Sud pour le climat chaud et sec assure une performance efficace dans les deux saisons. L'auteur montre que des expositions différentes d'ensoleillement peuvent conduire à une différence des surfaces ombragées ou ensoleillées d'une orientation à une autre.

### V.3- L'étude de Rajapaksha. I et al : la cour ventilée comme stratégie passive pour le refroidissement dans le climat chaud et humide (climat tropical) :

Le climat tropical chaud et humide est caractérisé principalement des hautes températures et la présence des hauts niveaux de l'hygrométrie, l'utilisation de la ventilation naturelle est recommandée comme option de refroidissement appropriée pour la prévention de la modification de climat surchauffant et d'intérieur

Cette étude vise à illustrer une approche de refroidissement passive qui a été employée pour exploiter l'utilisation optimal de la ventilation naturelle en empêchant les surchauffes intérieur et en abaissant la température au-dessous du niveau ambiant. L'illustration est concentrée sur un type particulier de bâtiment qui a une cour interne en étudiant l'exécution et l'efficacité des stratégies de conception utilisées dans une maison à un seul niveau avec cour dans le banlieue de Colombo, Sri Lanka.

**V.3.1- Présentation des cas d'étude :** Cette recherche étudie le potentiel d'une cour pour le refroidissement passif dans un bâtiment composé d'un seul étage avec cour (elle occupe le centre de la masse), avec une forme rectangulaire d'une surface de 230m<sup>2</sup>. Le contact avec l'extérieur se fait à travers la cour est les quatre ouvertures (Op1, Op2, Op3 et Op4), voir figure (V.8). Bien qu'il y ait d'autres ouvertures sur l'enveloppe de bâtiment (des portes et des fenêtres), ils sont restés fermer au cours de la période d'étude.

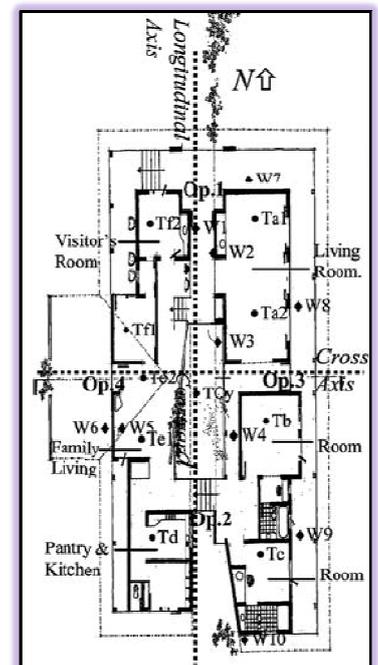
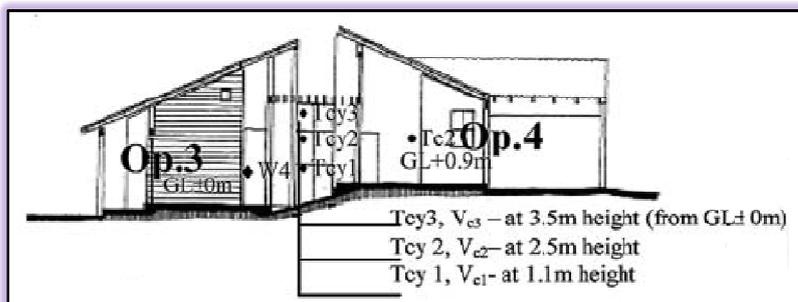


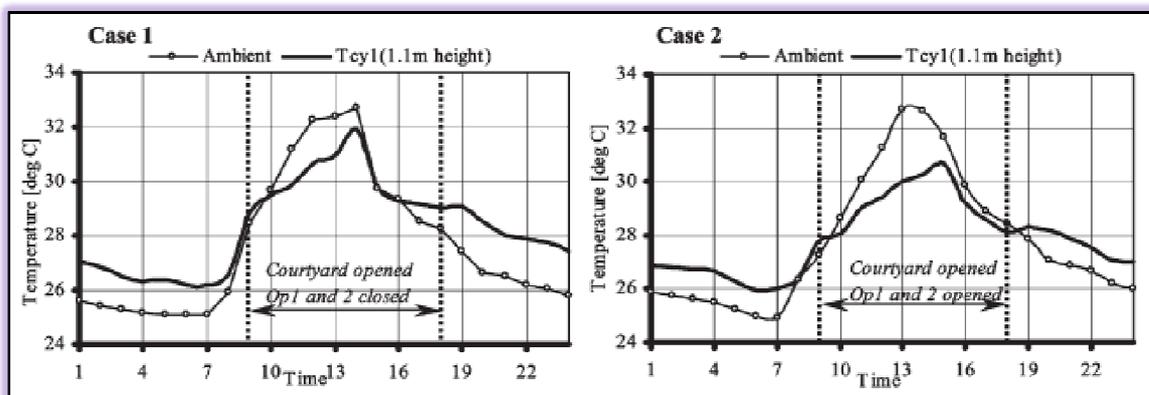
Figure-V. 8: le plan et la coupe de la maison testée  
Source : Rajapaksha.I et al, 2002

### V.3.2-L'évolution de la température de l'air :

La courbe de la température dans la cour a suivi la température ambiante. On observe une réduction de la température de l'air de la cour au-dessous du niveau ambiant dans les deux cas 1 et 2 pendant la nuit. La température de l'air maximal de la cour est 32°C a été enregistrée dans la même heure que celle de la température ambiante de 32,7 °C à 14h00 h dans le cas 1. La modification de la température de l'air est seulement 0,7 °C.

Dans le cas 2, la température de l'air maximal de la cour a diminué de 2°C au-dessous du maximum ambiant à 15h00 h, alors que le maximum ambiant a été enregistré avant 2 h .Ces résultats indiquent une réduction claire des températures de l'air de cour pendant la journée dans le cas 2.

Ces résultats indiquent qu'une réduction relativement plus grande de températures de l'air dans le cas 2 dus à la ventilation qui traverse la cour.

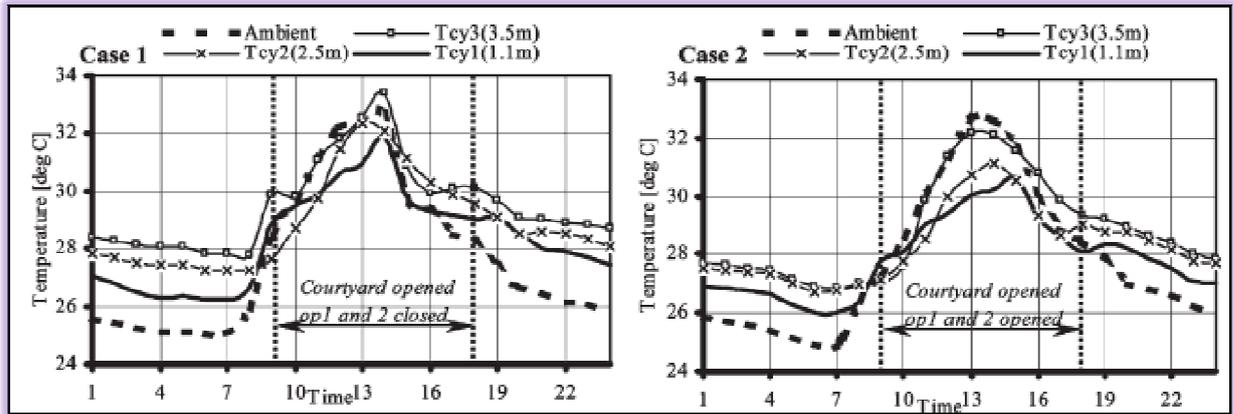


Graph-V.9 : le profil de la température ambiante et la température dans la cour (1.1m)

Source : Rajapaksha. I et al, 2002

### V.3.3-Le profil vertical de la température :

Le graphe V.10 montre le profil de température vertical dans la cour pour les deux cas 1 et 2. La lecture préliminaire du graphe montre clairement la stratification des températures selon la hauteur. Néanmoins, la température de jour maximal est de 33,4°C signalée avec une hauteur de 3.5m dans la cour et au-dessus de la température ambiante dans le cas 1, tandis que la température maximale du point le haut est demeuré au-dessous de l'ambiant maximum dans le cas 2. Aussi, on note l'abaissement des températures de l'air (au-dessous de l'ambiant) aux niveaux inférieurs et moyens (à 1.1 et 2.5m) dans la cour sont plus grandes dans le cas 2 que dans le cas 1. Les résultats obtenus pour la stratification thermique verticale indiquent que les températures dans la cour sont au-dessous des niveaux de température ambiante pendant la journée en ouvrant les deux ouvertures (1 et 2) trouvées dans l'enveloppe externe.

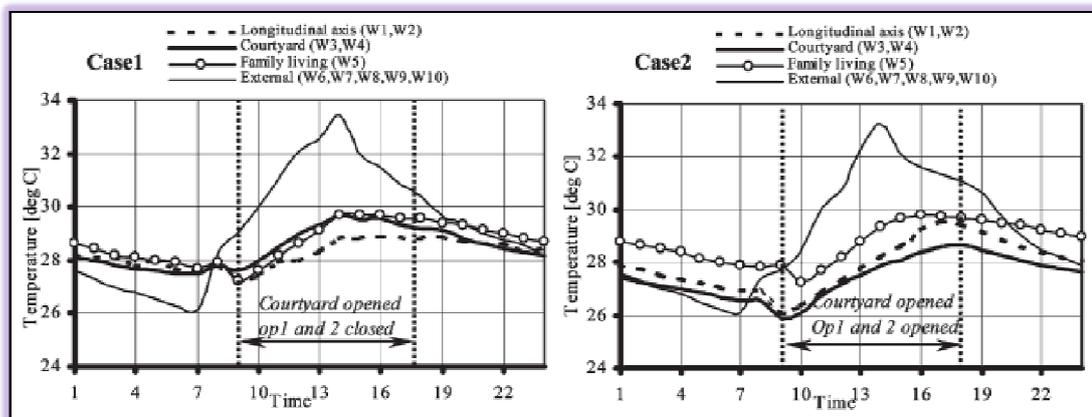


**Graphe-V. 10 : le profil de la température ambiante et la température vertical dans la cour (à 1.1, 2.5 et 3.5m)**  
 Source : Rajapaksha. I et al, 2002

**V.3.4-Température intérieure et confort thermique :**

Les températures d'air à l'intérieur de la maison ont été comparées aux températures mesurées dans la cour (moyen de Tcy1 à 1.1m et de Tcy2 à 2.5m) et aux températures ambiantes extérieures afin d'étudier l'influence de la cour sur l'environnement d'intérieur.

D'après le graphe (V.11) les températures de l'air près de l'ouverture 1, dans la cour et à l'intérieur de la maison sont plus ou moins stables par rapport aux températures extérieures. Cette figure prouve aussi, que les températures d'air à l'intérieur du bâtiment sont demeurées au-dessous des niveaux de la cour pendant la journée dans le cas 1, alors pour le cas 2 est l'inverse. De qui explique l'effet de la vitesse de l'air sur les températures de l'air dans la cour.



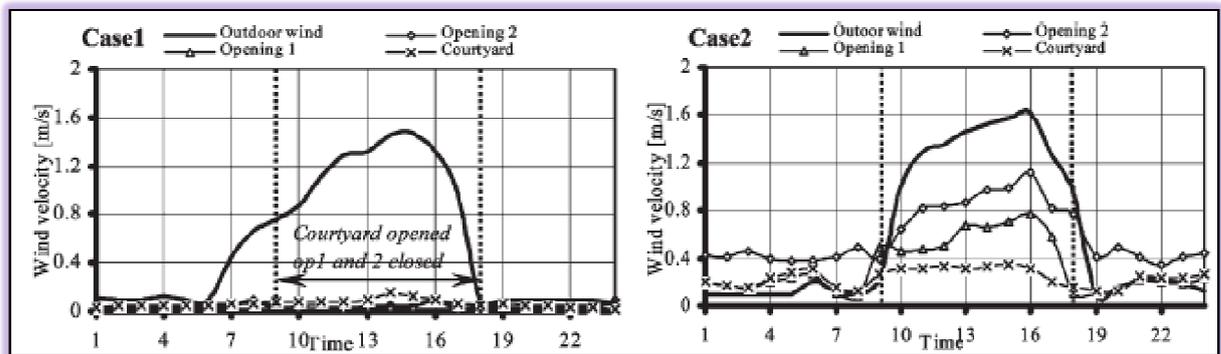
**Graphe-V. 11: le profil de la température ambiante, la température dans la cour (la moyenne de 1.1, 2.5m) et les températures extérieures**  
 Source : Rajapaksha. I et al, 2002

Dans le cas 1, les chercheurs ont trouvée (PMV = 2,2) qui représente les plus mauvaises conditions thermiques avec l'environnement intérieur désagréable et chaud tout au long de la

journée. Dans le cas 2, les meilleures conditions thermiques avec ( $PMV= 0,2$ ), l'environnement intérieur est confortable. Cependant, le problème réel se pose quand l'hygrométrie se déplace à des niveaux plus élevés pendant le tôt nuit où les températures d'air à l'intérieur des bâtiments demeurent environ 28-29 °C. Ceci rend nécessaire le besoin de légère brise pendant la nuit pour améliorer le confort intérieur.

### V.3.5-La vitesse de l'air :

D'après les deux graphes, il est clair que la vitesse de l'air à l'extérieur est plus élevée que l'intérieur. En signalant des différences entre les deux cas. Dans le cas 1 les vitesses de l'air sont proches de zéro (c'est calme), par contre, le cas 2 et grâce à la ventilation transversale depuis les deux ouvertures (1 et 2) la vitesse de l'air est variable surtout pendant la journée. En marquant un maximum pour le point de sortie du vent (près de l'ouverture 2). Cela influe sur les températures dans la cour, mais aussi sur l'ambiance thermique intérieure.



Graphe-V. 12: la vitesse de l'air dans la cour et près des deux ouvertures

Source : Rajapaksha. I et al, 2002

### V.3.6-Note importante N°3 :

Les résultats obtenus à partir de cette recherche montrent l'effet d'une cour pour le refroidissement passif dans un bâtiment résidentiel à un seul niveau situé dans un climat humide chaud. Dans ce type de climat, il est indispensable d'avoir une ventilation pour rétablir le confort thermique car la maison introvertie ne répond pas en terme de confort thermique, une ventilation transversale est encore mieux. Ainsi, une modification thermique intérieure relativement meilleure est vue quand la cour agit en tant qu'entonnoir d'air déchargeant l'air chaud de l'intérieur des bâtiments vers le ciel.

Le taux optimum de flux d'air qui correspond à la meilleure modification thermique de plus de 1 °C au-dessous le niveau ambiant est trouvé entre 1.5-2.0 ACH.

#### V.4- L'étude de Tablada.A et al : La ventilation naturelle et le confort thermique dans l'environnement urbain compact (cas de Havane) :

##### V.4.1- Présentation du climat de Havane :

Havane est localisé près de tropique du cancer, le climat de cette ville est caractérisé par une combinaison des valeurs élevées de température et d'humidité de l'air qui peuvent produire des conditions inconfortables au cours de longues périodes de l'année. Le moyen journalière de la température maximale dans le mois d'août est de (31,4 °C), le moyen minimal quotidien est de (23,8 °C), avec une humidité très élevée, le maximum journalière est (91%) tandis que le minimum est de (68%).

##### V.4.2- Présentation des cas d'étude :

La plupart des villes cubaines ont été fondées pendant le processus de la colonisation, après l'arrivée des Espagnols en 1492. Elles sont construites selon le modèle espagnole avec des facteurs climatiques de l'Espagne du sud et pas ceux des conditions humides, avec l'influence de la tradition islamique qui a donné les maisons caractère introverti.

Les figures suivantes (v.9) présentent les trois maisons objet de l'étude.

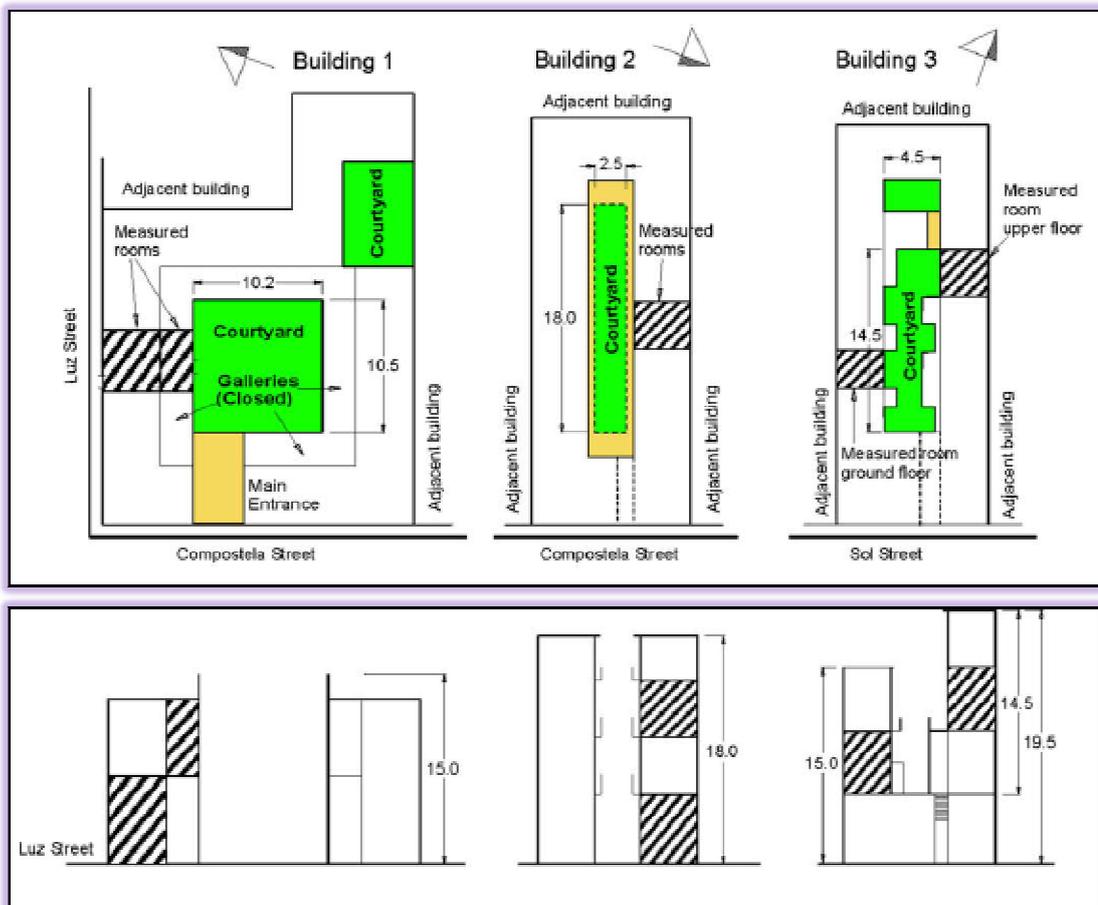


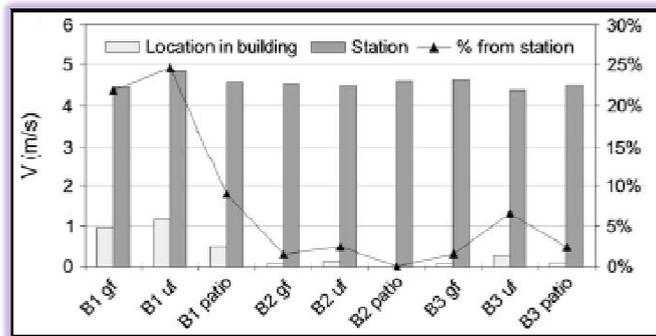
Figure-V. 9: plans et coupes des trois maisons étudiées

Source : A.Tablada et al 2008

### V.4.3- Les résultats :

#### V.4.3.1- L'évolution de vitesse de l'air mesurée :

Le graphe (V.13) présente la vitesse de l'air moyenne mesurée dans les trois bâtiments et la vitesse du vent correspondante à la station météo. La lecture de ce graphe indique que la vitesse de l'air à l'intérieur de du bâtiment 1 et dans le patio est élevée par rapport aux autres maisons, et cela est dus à la position de la maison 1 au coin (la présence de deux façades donnant sur la rue), la cour plus large, et la présence des ouvertures donnant sur la rue et d'autres sur le patio ceci favorise la ventilation transversale. Alors que les valeurs les moins élevées sont remarquées dans le patio le plus étroit.

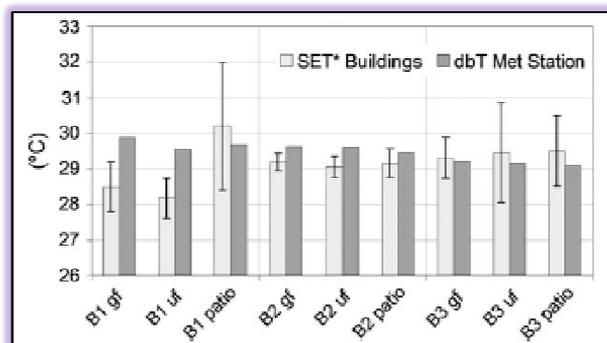


Graphe-V. 13 : Vitesse de l'air mesurée dans les trois maisons

Source : Tablada.A et al, 2008

#### V.4.3.2- L'évolution de la température effective standard (S.E.T) :

D'après la figure (V.14), on remarque que les valeurs de SET sont importantes dans les patios grâce à l'effet des radiations où le maximum est signalé dans le patio le plus large, les meilleures valeurs intérieures sont remarquées dans le bâtiment 1, parce que cette maison est bien ventilée ce qui provoque une diminution de la température de l'air est donc sur la température effective standard (SET=28.3°C dans la pièce à l'étage). La température dans le patio est de 30.15°C, c'est-à-dire une différence de 1.85°C entre l'intérieur et l'extérieur dans le bâtiment 1. Alors que les bâtiments 2 et 3 présentent des températures intérieures supérieures par rapport à celles du bâtiment 1, avec les valeurs 29.1 et 29.4 °C respectivement pour le bâtiment 2 et 3. Mais grâce à l'effet de l'ombrage on remarque que la température dans le patio (maison 2 et 3) est inférieure à celle du patio 1.



Graphe-V. 14: SET dans les trois bâtiments

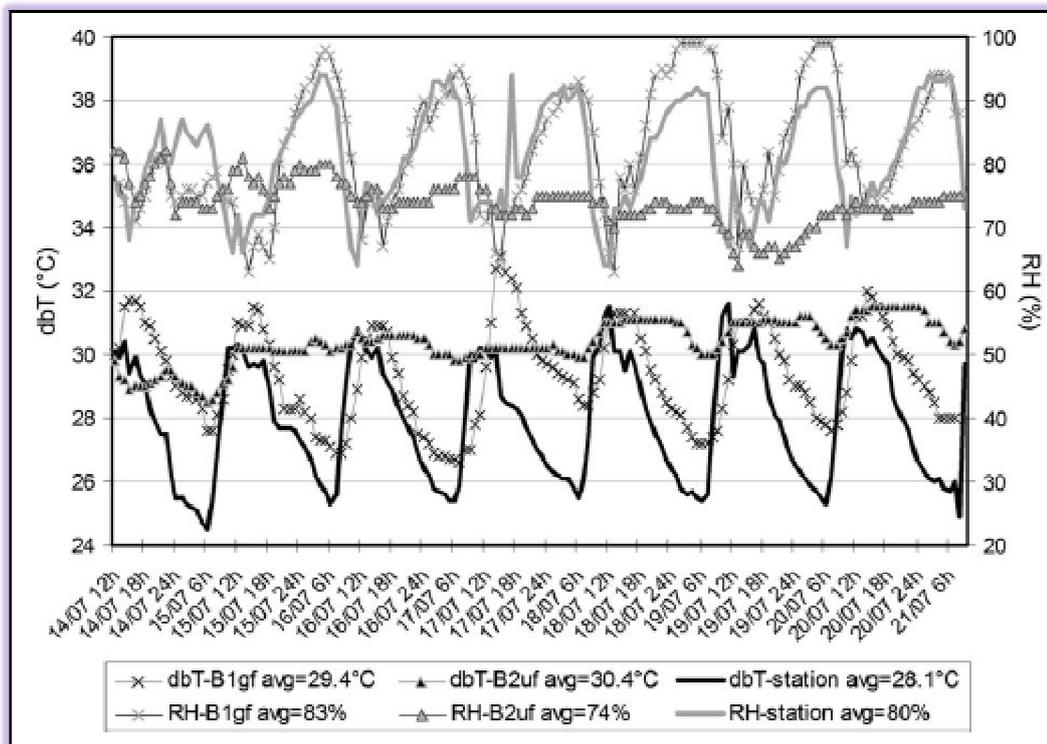
Source : Tablada.A et al, 2008

#### V.4.3.3- L'évolution de la température et l'humidité de l'air :

D'après le graphe (V.15), montre les mesures de la température et l'humidité à l'intérieur de l'appartement de rez-de-chaussée du bâtiment 1 et de l'appartement de l'étage du bâtiment 2.

Il y a une corrélation claire entre la température et l'hygrométrie dans l'appartement du bâtiment 1 et ceux à la station météorologique, ceci n'est pas le cas pour l'appartement dans le bâtiment 2, où les conditions sont plus stables mais défavorables pour le confort (la température et l'humidité de l'air sont élevés). Cette différence est dictée principalement par le régime de la ventilation dans les deux bâtiments.

Donc, sous l'effet de la ventilation transversale, les ambiances intérieures profitent du rafraîchissement en été mieux que la ventilation unilatérale. Dans les cas testés par Tablada.A et al explique clairement que la vitesse de l'air est très importante que l'effet de l'ombrage pour rétablir le confort thermique.



Graphe-V. 15 : L'évolution de la température et l'humidité de l'air dans les pièces testées

Source : Tablada.A et al, 2008

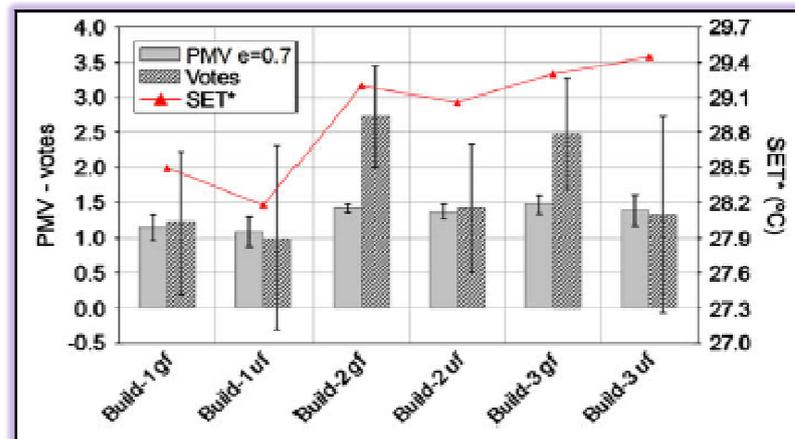
#### V.4.3.4- Les sensations thermiques vis-à-vis de l'ambiance thermique :

Dans cette partie, l'enquête thermique de sensation est limitée pour analyser les différences possibles entre la sensation thermique prévue par le vote moyen prévisible (PMV) et les sensations thermiques réelles des personnes dans la région de Havane.

A. Tablada et al utilise le PMV prolongé qui propose une réduction du niveau d'activité (MET) quand le PMV est plus haut que zéro (des conditions plus chaudes). Le modèle corrigé réduit le taux métabolique de 6,7% pour chaque valeur de PMV au-dessus de la neutralité. Il inclut également un facteur "e" (facteur d'espérance), qui prend en considération l'acceptabilité plus élevée des ambiances thermiques pour les personnes qui vivent dans les régions avec une longue période chaude dans les bâtiments naturellement ventilé (e=1 pour des bâtiments climatisés, e=0.5 lorsque le bâtiment est naturellement ventilé).

Les votes des usagers étaient 1,76 et 1,70 respectivement sur les échelles d'ASHRAE et de Bedford, alors que la valeur de PMV était 2. Les sujets considèrent que l'ambiance thermique est chaude, de ce fait, leur préférence était vers des conditions plus fraîches.

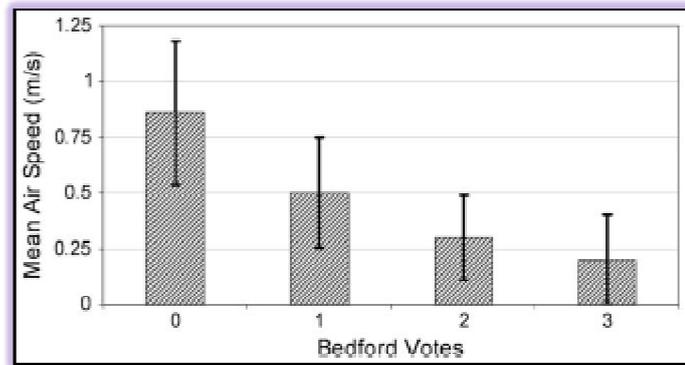
La figure-V.16 prouve que les usagers des bâtiments 2 et 3 et plus précisément les appartements de rez-de-chaussée ont répondu hypercritiques par rapport aux réponses des sujets du bâtiment 1. La moyenne des votes sans considérer les réponses hypercritiques des appartements de rez-de-chaussée des bâtiments 2 et 3 est 1,31 et 1,27 respectivement sur l'échelle d'ASHRAE et de Bedford, qui sont très semblables à la valeur de PMV prolongé avec e= 0,7 (PMVext=1,33)



Graphique-V. 16: PMV prolongé, les votes réels, SET, dans les trois bâtiments

Source : Tablada.A et al, 2008

La relation entre les votes (échelle de Bedford) et la vitesse de l'air est représenté dans la figure. Les résultats prouvent que les gens qui ont voté comme confortable sur l'échelle de Bedford étaient dans une situation avec une vitesse plus élevée d'air à l'intérieur des bâtiments que les personnes qui ont voté comme inconfortable. Ces différences sont en conformité avec les résultats des mesures sur le terrain (figures : 13,14 et 15).



Graphe-V. 17 : Vitesse de l'air et les votes des usagers sur l'échelle de Bedford

Source : Tablada.A et al, 2008

**V.4.3.5- Note importante N°4:** Les recommandations de cette recherche sont :

-La combinaison d'une cour large principale avec une autre plus petit secondaire pour fournir la ventilation transversale dans les chambres qui ne sont pas directement relié à la rue. Encore la vitesse d'air à l'intérieur des bâtiments peut avoir un rôle plus important dans le confort thermique que la protection de la cour contre le rayonnement solaire dans ce contexte spécifique.

-Établissement d'une interconnexion entre la rue afin de favoriser la ventilation à l'intérieur du cours et les salles reliées.

-Les cours plus larges (semblables dans la forme et les dimensions au bâtiment (1) devrait avoir une protection solaire appropriée pour les fenêtres et sur les murs de la cour (perméable au vent) ou par des pergolas. Tandis que le plus étroit des cours est moins exposé au rayonnement solaire, la protection solaire devrait être considérée pour les salles de dernier étage.

**Conclusion :**

Ces recherches montrent clairement le rôle des paramètres géométriques du patio sur la réduction de la consommation énergétique et les gains de chaleur et donc sur le confort thermique. La forme la plus performante est conditionnée par la géométrie et les conditions climatiques, l'orientation et la course journalière du soleil.

D'abord, les conditions climatiques des villes examinées exercent un effet prédominant sur l'exécution du patio et par conséquent sur les ensembles recommandés de rapports. L'endroit du soleil s'est avéré pour avoir un rapport direct avec les conditions de l'ombrage produites sous les formes considérées. Généralement, plus le soleil est haut altitude, moins que les ombres ont produits sur les surfaces internes.

La performance dépend aussi de l'orientation et la hauteur de la cour, pour avoir une efficacité raisonnable, les auteurs recommandent ce qui suit :

- Climat chaud et humide, il de préférence d'orienter le patio selon l'axe Nord-est/sud-ouest avec une cour de quatre niveaux (R+3).
- Climat tempéré et froid, il est souhaitable d'orienter le patio selon l'axe : Nord/Sud, la hauteur pour un climat tempéré est trois niveaux (R+2) alors que pour le climat froid est de préférence d'avoir une maison avec un seul niveau
- Climat chaud et sec une orientation entre Nord-est/Sud-ouest et Nord/ Sud, avec un R+2

En outre, le rapport optimum de la cour a été défini en tant que celui ce qui permet à la forme de recevoir le rayonnement maximum pendant l'hiver et le minimum en été. Selon des dispositifs climatiques et les stratégies générales pour réaliser le confort dans chaque climat, un ensemble de rapports ont été recommandés pour réaliser une exécution efficace en été et hiver dans chaque type de climat.

Les résultats obtenus à partir de la recherche thermique sous un climat tropical montrent qu'une modification thermique d'intérieur relativement meilleure est vue quand la cour agit en tant qu'entonnoir d'air déchargeant l'air à l'intérieur des bâtiments dans le ciel, plutôt que la cour agit en tant que zone d'aspiration induisant l'air de son ouverture de ciel. Encore, d'après les études de Tablada.A et al, la ventilation transversale a un rôle important dans le confort thermique estival meilleur que la protection de la cour.

Enfin, ces recherches nous aident à mieux comprendre en quoi consistent les études dans ce domaine et quelles sont les préoccupations par rapport au sujet que nous traitons.

## *Caractéristiques de l'architecture coloniale et typologie d'habitat à Jijel*

*« L'espace physique est justiciable d'analyse objectives permettant d'atteindre en premier niveau de signification. Ce niveau est spécifique de l'architecture. Il peut former la base stable sur laquelle viendront s'articuler d'autres contenues accessibles par d'autres lectures »<sup>1</sup>. Castex Jeau et al*

### **Introduction :**

L'habitat désigne le lieu de vie des hommes. Cela correspond à la maison, mais aussi à l'espace autour, où les hommes circulent, travaillent, se divertissent...L'habitat semble être l'un des plus anciens concepts de l'humanité, un concept à peu près aussi important que celui de la nourriture.

Dans ce chapitre, la première question est directement liée à la définition du concept habitat et ses dérivations : habiter, habitation, habitant, maison. La seconde quant à elle sert à comprendre les origines de l'architecture coloniale en Algérie, en traitant les caractéristiques de ce type au niveau urbanistique et architectural.

D'autre part, pour mieux comprendre notre environnement physique nous parlerons sur la typologie de l'habitat dans la ville de Jijel. Cette ville possède un seul centre historique qui se matérialise par l'héritage colonial, cette omniprésence vue que cette ville a connu un terrible séisme en 1856 où il a détruit toutes les constructions des civilisations précédentes. Aujourd'hui, l'héritage colonial se présente sous plusieurs formes : équipements, habitation, espace libre...Les maisons avec cour se trouvent un peu partout dans le centre ville, cette création architecturale est pour but de densifier le tissu urbain.

Enfin, nous concluons ce chapitre en classifiant l'ensemble des typologies d'habitat dans la zone d'étude choisie.

---

<sup>1</sup> Castex Jeau, Depaule Jeau Charles, Panerai Philippe, Formes urbaines : de l'ilot à la barre, édition Dunod, Paris, 1977.P :10

**VI.1- Quelques définitions préliminaires sur l'habitat:****-Habitat :**

1<sup>er</sup>/ « Mode de peuplement par l'homme des lieux où il vit : habitat rural, urbain »<sup>2</sup>.

2<sup>eme</sup>/ Pour J.E. Havel, l'habitat est « toute l'aire que fréquente un individu, qu'il y circule, y travaille, s'y divertisse, y mange, s'y repose ou y dorme »<sup>3</sup>.

3<sup>eme</sup>/ « On entend par habitat, non seulement le bâtiment dans lequel l'homme s'abrite (habitation ou logement) mais aussi ce qui entoure ce bâtiment et notamment tous les services, installations et dispositifs dont l'existence est nécessaire à l'individu. Il existe, plusieurs types d'habitat (habitat économique, villas, immeubles, habitat traditionnel, habitat rural, .etc.) »<sup>4</sup>

4<sup>eme</sup>/ « En écologie, l'habitat désigne le milieu naturel de vie d'une espèce animale ou végétale. Il correspond aussi au biotope »<sup>5</sup>.

5<sup>eme</sup>/ « En géographie humaine, l'habitat désigne le mode d'occupation de l'espace par l'homme pour des fonctions de logement. On parle ainsi d'habitat individuel, d'habitat collectif, d'habitat groupé, d'habitat dispersé... Et, par extension, l'ensemble des conditions de logement »

**-Habiter :** Selon **Norberg schulz** l'action d'habiter consiste à connaître l'appartenance à un lieu donné. C'est le rapport significatif qui s'est établi entre l'aspect corporel et spatial. D'une autre façon est un acte d'identification.

D'après Augoyard Jean-François cité par Nicolas TIXIER « *Enfin, l'architecture, en principe, est habitée, vécue. Quand ce ne serait pas le cas, elle ne serait que sculpture. Habiter c'est : emménager, aménager, déménager, s'approprier, désertter, cheminer, mais c'est surtout vivre l'espace* »<sup>6</sup>

**-Habitation :** « Lieu de résidence habituelle »<sup>7</sup>

**-Maison :**

1<sup>er</sup>/ « Dans la maison, l'homme se familiarise avec l'immédiateté du monde, la, il n'a pas choisir un parcours et trouver une destination dans la maison et auteur d'elle le monde s'offre spontanément ...la maison est l'endroit où a lieu le quotidien »<sup>8</sup>

2<sup>er</sup>/ « ...la maison est une boîte dont la fonction principale est d'abriter et de protéger ses occupants et son contenu contre les ennemis, hommes et animaux, et contre ces forces naturelles connues sous le nom de temps. C'est un instrument qui libère l'homme pour

<sup>2</sup> Dictionnaire Encyclopédie 2000

<sup>3</sup> Benmatti N.A, 1982

<sup>4</sup> Site: [htm// www.marocurba.gov.ma/tpc00008/itm0001a](http://www.marocurba.gov.ma/tpc00008/itm0001a)

<sup>5</sup> [www. Wikipédia.org](http://www.Wikipédia.org)

<sup>6</sup> TIXIER, Nicolas, Morphodynamique des ambiances construites, thèse de doctorat, Université de Nantes, 2001.

<sup>7</sup> Dictionnaire Encarta 2009

<sup>8</sup> Christien Norberg-Schulz , Habiter vers une architecture figurative, édition Electa Moniteur, paris, 1985. P : 89

d'autres activités en créant un environnement qui lui convient et qui le protège de l'action indésirable de son entourage »<sup>9</sup>.

**-Habitant :** C'est un ensemble occupant une habitation ou plusieurs, et peut être composé d'individu ou de groupes d'individu

## **VI.2-Les origines de l'architecture coloniale en Algérie :**

Avant d'entamer les principes d'organisation de la ville coloniale en Algérie, il paraît nécessaire de revenir à l'histoire pour mieux comprendre les origines des principes d'urbanisme et d'architecture de nos villes. C'est-à-dire il s'agit de parler sur les travaux d'Hausmann sur la ville de Paris. Leurs interventions créent un certain type de ville, qui reste une référence de l'urbanisme après la chute de l'empire et le départ d'Hausmann. En 1853 il est nommé préfet de paris par Napoléon III, il lui confié la lourde tâche de réaliser à paris la ville idéale. Napoléon III était très influencé par les squares et les jardins anglais. Il voulait une ville géométrique fidèle aux idées de R.Owen et E. Cabet. Cette tâche se résume en trois points : aérer la ville, l'unifier et l'embellir. Les interventions urbaines entreprises par Hausmann ont produit, une nouvelle morphologie urbaine. Cette dernière est le résultat d'une opération de percement, c'est « l'ilot ». Cet élément urbain est de forme rectangulaire longue ou large, de forme trapézoïdale ou triangulaire. Il est entouré de tous ces cotés par des voies de circulation, soit par une rue, un boulevard ou une avenue. L'ilot est divisé en un nombre de parcelles plus ou moins grandes, perpendiculaires aux voies de circulation. Les principes de base de la structure urbaine de l'ilot d'Hausmann sont : parcelle perpendiculaire à la rue, la ligne de partage à l'intérieur de l'ilot est la bissectrice de l'angle formé par les rues, parcelles moyennes, pas de parcelle profondes ni étirer en façade. Les parcelles ainsi définit vont organiser autour de cours en plus de soucis d'ensoleillement et d'aération.

### **➤ La standardisation dans la construction :**

C'est à Paris que l'on verra pour la première fois une sorte de « bâtiment types » qui en fait nous rappelons les recommandations des cours d'architecture de J.L.N Durand, traité d'architecture de L.Reynaud, essai sur l'architecture de M.A Laugier et mémoire sur les objets les plus importants de l'architecture de Patte. Les travaux de ces auteurs formulent des méthodes pour une meilleure utilisation de l'espace urbain et architectural. Encore, ils représentent une référence et un guide très important pour les architectes du 20<sup>ème</sup> siècle.

➤ **L'immeuble haussmannien :** façade obéissant à une stratification claire et une cohérence volumétrique due à l'imposition d'une réglementation gérant les superpositions des étages et des décorations selon l'importance, à travers une stratification sociale.

<sup>9</sup> Rapoport. Amos , pour une anthropologie de la maison, édition Dunod, Paris 1972, p : 119

### **VI.3-Les Caractéristiques de l'architecture coloniale en Algérie :**

En étudiant les villes françaises fondées en Algérie entre 1830 et 1870 ; étudier exactement la conception et la réalisation de quelque plan de centre, et quelque projet de régularisation et d'extension pour des villes existantes en Algérie, ces réalisations selon Xavier Malverti sont caractérisés par trois éléments :

- La régularité du tracé.
- L'importance donnée à l'aménagement de l'espace publique.
- Le traitement des relations entre les différents quartiers militaires, civils, et indigènes

**VI.3.1-la régularité :** la régularité recouvre à la fois la notion de symétrie, d'orthogonalité et d'égalité.

#### **VI.3.1.1-La régularité comme efficacité :**

L'efficacité se présente en trois aspects : géométrique, comptable et simplicité

Sur l'efficacité géométrique, Malverti. X et Picard.A ont dit :

*« Seul un plan de ville régulier permet en cours de réalisation de modifier la position de chaque édifice sans perturber le tracé d'ensemble, et d'obtenir la meilleure implantation répondant aux besoins des différents acteurs »<sup>10</sup>*

Pour mieux gérer les projets, l'ingénieur doit vérifier à tout moment plusieurs facteurs à savoir : la surface occupée par chaque construction, le linéaire de mur d'enceinte, le nombre de logement, et même le nombre des arbres à planter .... C'est l'efficacité comptable car le tracé irrégulier ne facilite pas tous ces éléments cités ci-dessus

En troisième niveau, la régularité comme efficacité de simplicité rend les plans compréhensibles, donc la transmission facile des projets d'un ingénieur à un autre.

#### **VI.3.1.2- La régularité comme une éthique et comportement :**

La régularité comme principe se répète dans toutes les régions à planifier malgré le site ne lui permet pas, si le site est irrégulier il faut dissimuler par des artifices géométriques.

Le capitaine Garnier confirme ça dans ces paroles : *« Si aucune raison ne s'y oppose, on adopte une symétrie et une régularité indiquant qu'une idée d'ensemble a présidé à la création de l'établissement. On aligne les façades en créant des cours réguliers même si le terrain est irrégulier, ce qui a lieu le plus souvent. Les angles aigus sont placés dans les arrières cours où l'on place les bâtiments accessoires »<sup>11</sup>*

<sup>10</sup> Malverti Xavier et Picard Aleth , les tracés des villes et le savoir des ingénieurs du génie : Algérie entre 1830-1870,sans date. P : 9

<sup>11</sup> Malverti Xavier et Picard Aleth , les tracés des villes et le savoir des ingénieurs du génie : Algérie entre 1830-1870,sans date. P : 8

**VI.3.1.3- La régularité comme souci d'économie :**

« Les officiers du génie sont soucieux des finances publiques comme des dépenses privés. Ils sont sensibles aux capacités financières des populations civiles et à leurs besoins en espace »<sup>12</sup>.

**VI.3.2- Les caractéristiques au niveau urbain :** Une idée de régularité : selon Malverti. X et Picard.A: « La première règles pour les ingénieurs du génie est de rapprocher le plans s'une figure régulière pour dessiner le périmètre de la ville : la forme de l'enceinte est l'emplacement des portes de la ville déterminent la régularité du tracé des rues et des places »<sup>13</sup>

**VI.3.2.1- Le découpage de la ville en îlots :**

Le découpage de la ville suit le plan en échiquier, des îlots de formes régulières (rectangulaires, triangulaires, trapézoïdales... ).

Le classement des îlots dépend de plusieurs critères à savoir : la fonction, la forme géométrique et la taille, ces deux derniers critères dépendent de la configuration de tracé urbain. Et selon la fonction, on trouve :

- Ilot résidentiel : destinée au habitation et commerce
- Ilot d'équipement :(militaire, éducatif, administratif)

**VI.3.2.2- Le découpage parcellaire :**

Le découpage parcellaire obéit à la loi de la régularité, qui est très utilisée par les ingénieurs de génies militaires. Un outil géométrique permet de répartir également chaque colon sur le territoire. Les parcelles sont sous plusieurs formes à savoir : rectangle, carrée, triangle ou trapèze, ces deux derniers sont produits surtout lorsque la forme de l'îlot est triangulaire. Alors que la taille est relative à la nature de l'utilisation affectée (résidence, équipement...)

**VI.3.2.3- La répartition des édifices publics :** l'emplacement de chaque équipement est déterminé par une règle afin que tous ces équipements ou ces édifices répondent au reste de la place et de façon que chacun puisse être à la portée de remplir son objet principal. La ville doit posséder les cinq édifices de base qui sont : la mairie, l'église, la justice de paix, l'école et le presbytère. Peuvent s'ajouter d'autres établissements selon l'importance de la ville, comme : le théâtre, la gendarmerie, le marché, le tribunal...voire quelques fois des équipements pour les indigènes. Généralement, l'église et la mairie se localisent dans la place

<sup>12</sup> Malverti Xavier et Picard Aleth , les tracés des villes et le savoir des ingénieurs du génie : Algérie entre 1830-1870,sans date. P : 10

<sup>13</sup> Malverti Xavier et Picard Aleth , les tracés des villes et le savoir des ingénieurs du génie : Algérie entre 1830-1870,sans date. P : 48

centrale de la ville, toutefois on trouve le théâtre et le marché dans cette place animée. Les équipements administratifs sont réunis autour de la même place. Tandis que certains bâtiments sont rejetés dans des emplacements moins centraux, par exemple : l'hôpital (pour des raisons d'hygiène).

#### VI.3.2.4- L'espace public et les plantations :

L'espace public représente un lieu d'échange et de communication, en milieu urbain cet espace se trouve sous plusieurs formes : rue, place, jardin... Donc l'espace public est le support privilégié de toute vie urbaine qui favorise la vie sociale, mais aussi, il répond à des aspects fonctionnels, culturels... grâce à ces multiples fonctionnalités l'espace urbain doit présenter un certain aspect esthétique, cela est assuré par le mobilier urbain tels que les arbres. Les alignements d'arbres sont utilisés dans le plan régulier de la ville pour renforcer la qualité architecturale et paysagère. Mais il reste que l'image du paysage urbain est relative au type d'arbre, les espacements, leurs formes et leurs dispositions sur le plan. A l'échelle urbaine, il peut y avoir continuité entre le bâtiment et le végétal dans la composition d'ensemble. Ils sont des outils d'aménagement précieux car ils sont susceptibles d'entraîner la création d'espaces. Les places de la ville sont tracées d'une manière perpendiculaire à la rue. Elles doivent être petites et entourées de portiques, mais si elles doivent être de grandes dimensions, il est préférable d'y planter de grands arbres et d'y construire des fontaines.

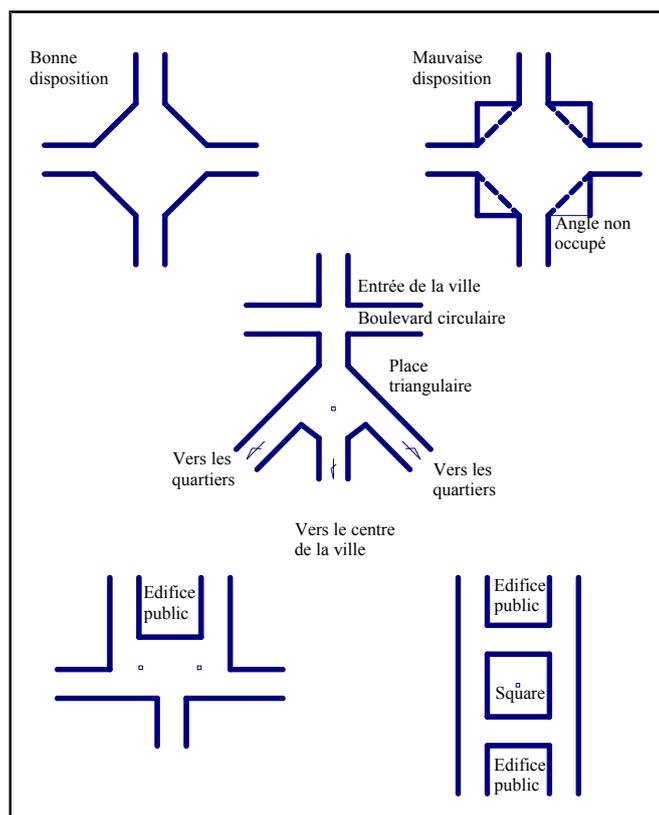


Figure-VI.1 : Dessins de quelques tracés urbains tirés du traité d'architecture de Léonce Raynaud

Source : Malverti. X et Picard.A, réadapté par l'auteur p : 44

### VI.3.3- Les caractéristiques au niveau architectural :

« En 1844, cette même commission avait émis quelques conseils sur le meilleur système de construction à adapter en Algérie. Elle préconise l'utilisation de matériaux locaux et le respect, pour les nouveaux édifices, des distributions des maisons maures. En observant par exemple certains immeubles d'Alger ou des maisons de centre de colonisation, on observe une certaine influence des plans des maisons turques organisées autour de cour »<sup>14</sup>. Le bâti doit présenter quelques critères comme : l'homogénéité, la régularité. La commission responsable à la construction a fixé des critères, à savoir :

-La hauteur maximale des bâtiments à délimiter de 12.5m pour toute l'Algérie. Mais il faut noter que pour la ville d'Alger, les dimensions dépendent du prospect.

-Les maisons doivent présenter au moins un rez-de-chaussée et un étage.

-L'utilisation de matériaux locaux et le respect, pour nouveaux édifices, des distributions des maisons maures.

-Les rues situées Nord-sud sont à proscrire. Si sont inévitables, il faut de les onduler ou bien de les border de portique, d'arcades ou de toits saillantes pour avoir de l'ombres. Leurs largeurs doit être la plus faible possible. De ce fait, les orientations des maisons se trouvent dans la majorité des cas dans la bissectrice des points cardinaux.

-La disposition générale des bâtiments principaux, tous à pignons obliques sur les faces est incommode. Il serait mieux de mettre la face parallèle à la grande rue.

Selon Daniel Pelligra « Les constructions de la première période de la colonisation française ne comportaient ni balcons, ni saillies, ni stores, ni auvents, de même que le tracé des rues évitait soigneusement les lignes brisées. Ce n'est pas bien plus tard que l'on vit apparaître les colonnes, pilastres, corniches, les bas-reliefs floraux, les balustres inspirés du classicisme européen »<sup>15</sup>.

### VI.4- L'habitat dans la ville de Jijel :

#### VI.4.1- Aperçu historique sur la ville de Jijel :

L'histoire de JIJEL remonte à quelques 2000 ans, cette wilaya a attiré au cours des siècles, tous les peuples expansionnistes de la Méditerranée. Comme les Phéniciens, les Romains, Étrusques, Byzantins, Mouvement islamique, Ottoman, et finalement les Français.

<sup>14</sup> Malverti Xavier et Picard Aleth , les tracés des villes et le savoir des ingénieurs du génie : Algérie entre 1830-1870,sans date. P : 58-59

<sup>15</sup> Algérie regards croisés : ouvrage édité avec le concours du commissariat général de l'année de l'Algérie en France, édition dirigé par Freddy Ghozland et Georges Rivière, édition Facih, rue de cirta-Hydra-Alger, 2003.P :55

Jijel a connu plusieurs noms à travers les civilisations, elle tirerait son nom du berbère «Ighil-Ighil», de colline en colline, de l'antiquité romaine « IGILGILI », cercle de pierres sur lequel, la cité s'est construite pour échapper aux invasions venant du Nord.

La première urbanisation dans la région (la cité citadelle) était construite sur une presqu'île aux falaises rocheuses, cette place antique, choisie dans un but défensif, pouvait servir de comptoir sur aux transactions commerciales des premiers marins de la Méditerranée.

L'urbanisation de Jijel est totalement détruite en 1856, après un terrible séisme frappa la région, terre suivi d'un raz-de-marée, réveilla en sursaut la population qui a du fuir vers la campagne environnante dès les premières secousses, donc, la vieille cité marquée par plus de 20 siècles d'histoire fut détruite.

Le centre ville présente un héritage colonial, elle est construite par le génie de l'armée française, avec des principes d'urbanisme de style classique.

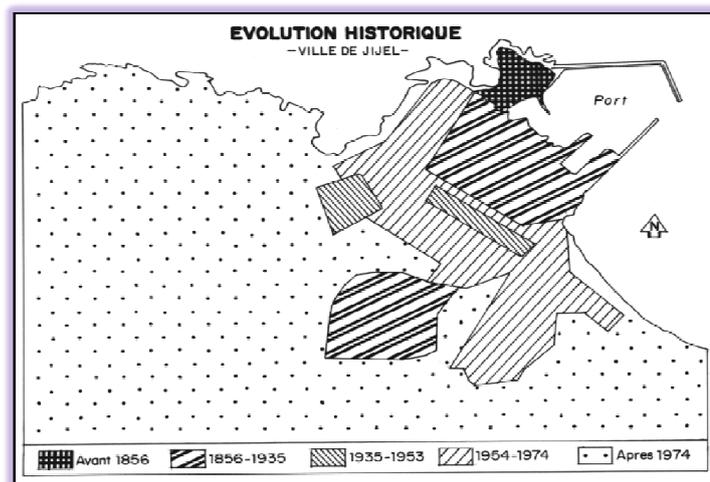
La figure suivante (VI.2) montre les différents périodes de l'urbanisation de la ville.

Avant 1856 : est la veille ville (l'implantation des civilisations anciennes-la cité citadelle-), c'est la place de la caserne militaire aujourd'hui.

1856-1962 : représente le noyau colonial

1962-1974 : correspond à l'extension de la ville vers le coté Est, Sud-Nord

Après 1974 : les nouvelles extensions après l'Algérie indépendante.



**Figure –VI.2 : L'extension de la ville de Jijel**

Source : POS 1-Jijel-

#### **VI.4.2-La logique d'évolution de l'habitat dans la ville de Jijel :**

La ville de Jijel a connu une expansion urbanistique énorme de sa périphérie. Dès les années soixante dix, elle a aussi connu plusieurs étapes de croissance urbaine très précoce, où elle a vu la juxtaposition des quartiers à coté du centre colonial, celui-ci représente à l'époque, la ville nouvelle (cette dernière est nommée par les Jijeliens : le triangle). Pour cette ville on trouve trois étapes d'évolution et qui sont :

- **La première étape :** Cette étape correspond à l'époque coloniale, elle englobe les types d'habitat suivants : contigu colonial, villa et recasement et auto-construit. Ces types se présentent dans le centre ville, une partie du quartier plage, une partie du quartier Pépinière et le quartier Assous. Cette période se caractérise par un type architectural plus ou moins homogène.
- **La deuxième étape :** Elle regroupe les quartiers qui sont édifiés entre 1962 et 1974, et qui sont : village Moussa, village Mustafa, la Pépinière, la crête. Globalement cette partie de la ville se caractérise par un tissu irrégulier, ainsi que par la domination de l'habitat type collectif.  
En ce période, ces quartiers ont connu aussi des opérations de densification.
- **La troisième étape :** Cette étape correspond à l'époque actuelle (après 1974), où le phénomène des extensions urbaines périphériques s'étend vers la direction Sud-ouest et Est avec l'émergence des grands ensembles, et les lotissements et même l'habitat auto-construit.

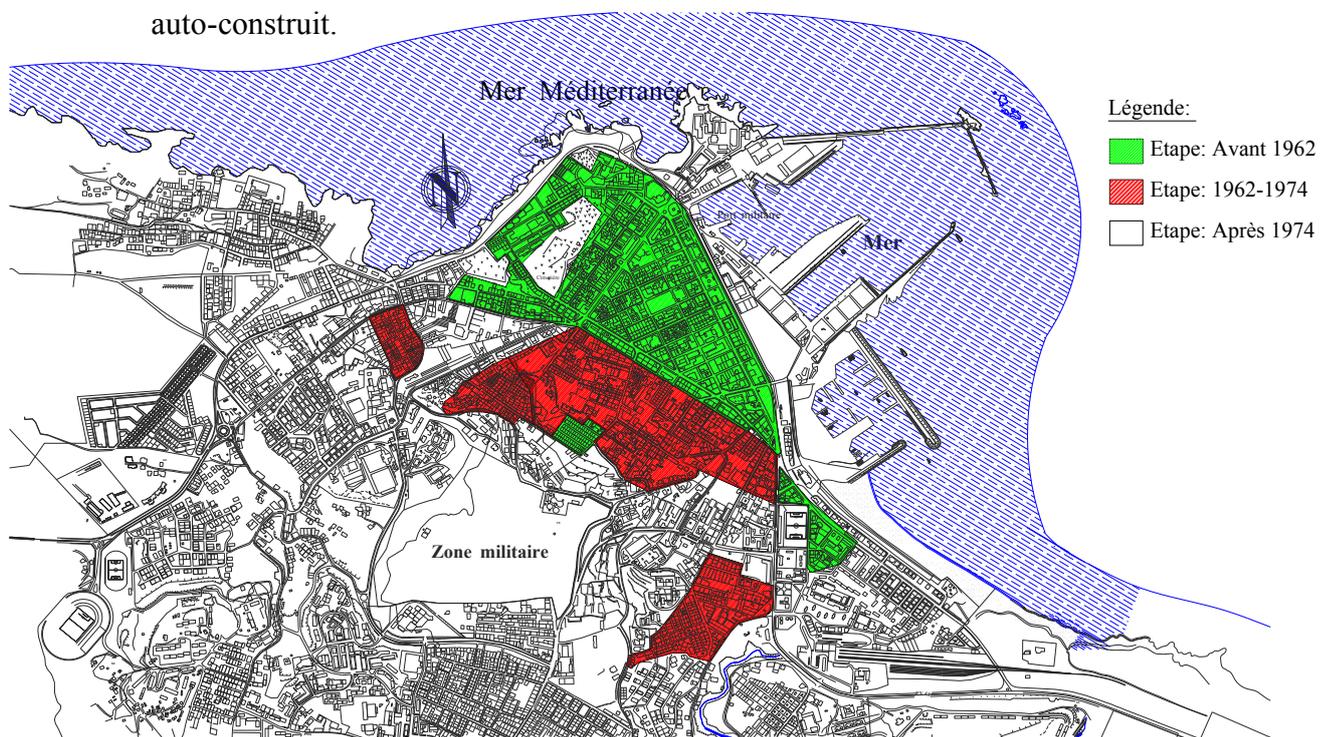


Figure-VI.3 : les différentes étapes d'évolutions de l'habitat à Jijel

Source : Auteur, 2009

#### VI.4.3- Les différents types d'habitat dans la ville :

La production en matière d'habitat dans la ville de Jijel est riche, elle varie de l'habitat colonial avec ses villas, son contigu et son recasement à l'habitat récent qui se caractérise par le collectif (Z.H.U.N), l'auto-construit, les lotissements ainsi que les bidonvilles.

##### VI.4.3.1- L'habitat contigu :

**VI.4.3.1.1- Contigu colonial :** On trouve ce type surtout dans le centre ville de la wilaya avec une légère extension coté Sud du centre. D'une manière générale les colons ont occupé la

bande littorale de la ville, la plus proche à la mer. Ce type d'habitat est le résultat d'une production urbanistique importé par les colons, de ce fait, le modèle est caractérisé par sa forme urbaine en damier, l'aspect extérieur du contigu colonial se distingue par la généralisation des ouvertures des étages donnant sur l'extérieur sous forme de porte fenêtre, ainsi que l'utilisation des éléments de décor, ainsi que les garde-fous en fer forgé.

#### **VI.4.3.1.2- Contigu récent :**

Ce type d'habitat se concentre dans le centre ville et les quartiers qui l'entourent. Il se distingue du colonial par son aspect extérieur. Les formes d'habitations dominantes sont la forme carrée et rectangulaire, et dans tous les cas la forme d'habitation épouse celle de la forme du terrain. L'aspect extérieur du contigu récent se distingue par les ouvertures donnant sur l'extérieur sous forme de fenêtre, avec des balcons entre les chambres avancées, et des garde-fous en maçonnerie.

#### **VI.4.3.2- L'habitat type recasement :**

Son apparition remonte à l'époque coloniale, c'est un type de logement destiné à loger la population rurale qui s'est greffée sur la ville, à la recherche d'un travail et de la sécurité.

A Jijel on trouve des recasements collectifs et individuels. Les habitations sont identiques et implantées sous forme de rangés parallèles.

Vue sa destination et son caractère économique, l'aspect extérieur de ce type est marqué par une pauvreté, et le traitement des façades se limite à des petites ouvertures rectangulaires ou carrées, pour un minimum d'éclairage et d'aération par exemple : la cité Assaous, la cité Casorec.

#### **VI.4.3.3- L'habitat type villa :**

C'est un produit de la classe bourgeoise coloniale ainsi que la classe bourgeoise actuelle. Il se caractérise par sa localisation dans les sites calmes offrant des vues panoramiques, tel que la plage. L'aspect extérieur est très variable, distingué par le type d'ouverture, les balcons, ainsi que par les matériaux de constructions utilisés.

Ce type d'habitat est généralement extraverti, il s'ouvre sur l'extérieur avec les grandes ouvertures et les portes-fenêtres.

On peut distinguer facilement les villas coloniales à celles des villas récentes à travers une lecture des façades et de l'aspect architectural. En effet les villas construites dans l'époque coloniale se caractérisent par une toiture en pente, l'utilisation des matériaux rouge tels que la tuile, ainsi qu'une hauteur relativement basse. Tandis que les villas récentes sont marquées par une toiture plate utilisée comme terrasse, ainsi que le nombre d'étages est supérieur au nombre d'étages des villas coloniales.

**VI.4.3.4- L'habitat auto construit :**

Il est le fruit d'une production populaire d'habitat. En effet-il s'est inspiré dans son organisation intérieure de l'habitat traditionnel. Il est caractérisé par un tissu dense, parfois irrégulier. Le premier quartier a pris l'apparition au début du siècle "le faubourg" s'est greffé à la ville coloniale tout en se distinguant par sa forme urbaine et ses formes de construction. La structure de ce type s'organise à partir d'un axe routier principal souvent central. Les autres axes routiers moins importants prennent naissance généralement au niveau de l'axe central pour se propager dans le quartier et forment les limites des îlots. La concentration des équipements et des services destinés au quartier est la marque de ce type d'habitat.

Du point de vue des formes générales, les constructions ont un aspect irrégulier et inachevé, les façades ne présentent pas une grande variété, elles sont dotées d'ouvertures rectangulaires, soit avec balcon tout le long de la façade soit avec des balcons entre deux chambres avancées.

**VI.4.3.5- L'habitat type lotissement :**

Le lotissement représente une procédure d'urbanisme opérationnel qui permet à la création d'un tissu urbain dans un cadre réglementé par les lois des réserves foncières. Son statut a été fixé pour la première fois de façon cohérente, sous les français. A Jijel, les plus anciens quartiers remontent à 1974, et ils se localisent en générale à la périphérie du centre ville. Les lotissements quelque soit leurs type ou statut (étatiques, privés, illicites, légaux, anciens ou nouveaux...) représentent le  $\frac{3}{4}$  du parc du logement à Jijel.

L'aspect urbanistique imposé par l'architecte, ce qui fait que ce type de construction est dans les normes. L'aspect extérieur varie, et le produit est riche en volume et façade. La hauteur des logements est presque unifiée et elle varie du R+1 à R+2.

Aujourd'hui, le lotissement est devenu non seulement un mode d'aménagement, d'équipement et de production de terrains à bâtir, mais aussi un moyen pour l'administration de contrôler les divisions foncières de propriétés.

**VI.4.3.6- L'habitat collectif :**

La première apparition de ce modèle à Jijel remonte à la période coloniale après l'indépendance les autorités locales de la wilaya ont lancé plusieurs programmes du logement collectif, ceci principalement dans le cadre de logements sociaux. Ce type d'habitat se localise dans les sites situés dans l'axe d'extension de la ville vers le Sud- Ouest. La ville a connu d'importantes réalisations de ce type, à partir de 1974, sans oublier celles de l'époque coloniale, exemple : l'habitat collectif de la plage. Les cités sont composées par un ensemble d'immeubles identiques, qui diffèrent selon l'époque de leur construction. Dans la forme, le

type colonial et le type récent ne se distingue pas, et la différence est dans le traitement des façades et surtout pour la façon de concevoir les balcons.

**VI.4.3.7- Habitat précaire :** Ce type d'habitat groupé dans la ville constitue des poches de pauvreté dépourvues de toute viabilisation et ne répondant nullement aux conditions minimales de salubrité. Il se localise à l'est de la ville de Jijel dans l'agglomération Harratene à forte densité. Ce tableau synthétise l'ensemble des typologies déjà cités-ci dessus :

Facteur	caractéristique	Auto- construit	Lotissement	villa	collectif	contigu	recasement
Période d'apparition	Avant 1962	◆		◆	◆	◆	◆
	Après 1962		◆				
Statut juridique	Réglementé	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	Non réglementé	◆					
Caractéristiques urbanistiques	Tissu dense irrégulier	◆					
	Tissu régulier		◆	◆	◆	◆	◆
	Existence d'espace libre		◆	◆			
Caractéristiques architecturales	Constructions semblables ou presque alignées	◆			◆	◆	◆
	Constructions distincts non mitoyennes		◆	◆			
	Constructions alignées, groupement de 2 à 5 logements				◆		◆
	Constructions sous forme d'immeuble, groupes, plus de 6 logements				◆		

**Tableau VI-1: les caractéristiques des types d'habitat à Jijel**

Source : Mohdeb.R, P : 39

#### **VI.4.4- Les différents types d'habitat dans la zone d'étude :**

Le tissu colonial est doté d'un cadre bâti plus ou moins homogène (un pourcentage important des maisons avec cours), son occupation a été étudiée par les colons. La ségrégation sociale, le mode de vie et la tradition sont reflétées dans la manière du découpage du parcellaire. Les parcelles se différencient suivant le type d'habitat (colonial, arabe).

L'habitat colonial occupe de grandes parcelles juxtaposées le long des voies. L'accès aux constructions se fait directement par la rue. L'habitat arabe occupe de petites parcelles dont certaines s'alignent le long de la voie et d'autres s'organisent à l'intérieur de l'îlot, ce qui rend l'organisation dans l'îlot plus complexe. Les accès aux constructions se font généralement par le biais d'une impasse (la connotation locale est Skif). Voir figure (VI. 4) qui présente les limites de la zone d'étude.



Figure-VI.4 : Les limites de la zone d'étude

Source : Auteur, 2009

L'enquête sur terrain nous a permis de déterminer les types d'habitat suivants :

#### **VI.4.4.1- Type individuel colonial :**

Ce type d'habitat occupe de grandes parcelles communicantes avec la rue d'ou il y a facilitée d'accès. Les constructions se présentent en un logement au rez-de-chaussée ou au 1<sup>er</sup> étage. Il est caractérisé par une organisation des espaces extravertie, l'ornementation des façades, toiture en pente et la présence d'une cour à l'arrière façade, des jardins latéraux ou bien patio. D'après notre investigation on a trouvé un type de maison avec un patio et une cour à l'arrière de la parcelle (VI.2). La photo (VI.1) représente une maison colonial avec jardin latéral se trouve sur le boulevard du 1<sup>er</sup> novembre.



**Photo-VI.1 : Maison coloniale individuelle avec jardin**

Source : Auteur, 2009



**Photos -VI.2 : des vues sur une maison coloniale individuelle avec patio et cour**

Source : Auteur, 2009

#### **VI.4.4.2- Type individuel arabe :**

Ce type d'habitat occupe de petites parcelles où l'accès se fait soit par la rue qui limite l'îlot soit par des impasses cas des parcelles qui se trouvent à l'intérieur de l'îlot. Les constructions sont en général à un seul niveau. Elles se caractérisent par une organisation intravertie des espaces autour d'une cour centrale sous une forme en (U) ou bien en (L). Les façades extérieures sont aveugles avec un aspect architectural pauvre soit à l'intérieur ou à l'extérieur de la maison, elle a un aspect rural. Mais on remarqué également d'autre maison introvertie ou la richesse est exprimée dans le vide fermé, ouvert au ciel.



**Photos-VI.3 : Vues sur des maisons individuelles type arabe**

Source : Auteur, 2009

**VI.4.4.3- Type récent :** Ce type d'habitat regroupe les constructions récentes réalisées soit dans le cadre des différentes opérations de rénovation ponctuelles de constructions vétustes, soit des constructions réalisées sur des parcelles libres (non occupées). Elles se caractérisent par un aspect architectural monotone, ce type a créé une rupture avec le style colonial.



**Photo-VI.4 : Habitat récent**

Source : Auteur, 2009

**VI.4.4.4- Type semi - collectif :** Il est représenté par une construction à deux niveaux (R+1) regroupant plusieurs logements autour d'un grand espace central (cour) dont l'accès se fait à partir des rues qui limitent la construction. Cette construction en un seul bloc couverte par une grande toiture en structure métallique, aussi, il représente un aspect architectural ordonné.



**Photo-VI.5 : Habitat semi - collectif colonial**

Source : Auteur, 2009

**VI.4.4.5- Type collectif colonial :** Ce type de construction date de l'époque coloniale. Il occupe de grandes parcelles communicantes avec les rues et qui se trouve sous trois formes :

**VI.4.4.6- Type immeuble de rapport :** C'est une disposition de logements aux étages supérieurs, où le rez-de-chaussée est affecté pour le commerce et les services. Les constructions sont situées dans les grands axes et les rues commerçantes et se caractérisent par leurs niveaux qui dépassent R+1 et un aspect architectural colonial (ornementation des façades et toitures en pente).



**Photo-VI.6 : immeuble de rapport sur la rue 1<sup>er</sup> Novembre**

Source : Auteur, 2009

**VI.4.4.7- Type Harat :** D'après ABBAOUI Messaoud et al, la harat est : « *Une tranche d'habitat empreint d'urbanité signifie un mode d'organisation d'une unité parcellaire de base (qui reste la parcelle) pour un collectif humain ayant des intérêts communs. Une tranche d'habitat abrite aussi bien la mixité sociale, urbaine que de l'activité* »<sup>16</sup>.

C'est une forme d'habitat avec une organisation des logements autour d'une cour collective à ciel ouvert, généralement avec deux niveaux, l'étage est occupé par plusieurs ménages. Les façades sur les rues sont simples, on signale quelques décorations sur les limites des fenêtres.

Ce type d'habitation se trouve toujours en communication avec la rue, car le rez-de-chaussée est affecté à l'activité commerciale



**Photo-VI.7 : Habitat type Harat**

Source : Auteur, 2009

<sup>16</sup> Abbaoui messaoud, Azizi nourredine et Djemili abderezak, Revue perspectives scientifiques & société, N° 1, septembre 2008

**VI.4.4.8- Type H.L.M :**

Une habitation à loyer modéré est représentée par deux exemples localisés au niveau de l'avenue du 1er novembre et l'autre au niveau de l'avenue Emir Abdelkader. Ils se présentent sous forme de trois blocs de 05 niveaux occupant l'ensemble d'un îlot. Les trois blocs qui se trouvent sur l'avenue Emir Abdelkader possèdent une place qui donne sur celle-ci, c'est la place du cirque.



**Photo-VI.8 : Bâtiment type H.L.M**

Source : Auteur, 2009

**VI.4.4.9- Type collectif récent :**

Le collectif récent correspond à l'habitat promotionnel réalisé au niveau du centre ville (logements CNEP). Il se présente sous forme d'un immeuble à huit niveaux (R+7). Le rez-de-chaussée de cet immeuble est réservé aux commerces et services, et les étages supérieurs pour l'habitat. La construction a une forme de (L) dégageant une grande aire de jeux à l'intérieur. Cet immeuble ne s'intègre pas dans son environnement, c'est surtout une exploitation du terrain à des fins économiques.



**Photo-VI.9: Bâtiment type collectif récent**

Source : Auteur, 2009

**VI.4.4.10- Type habitat d'accompagnement :**

Dans la zone d'étude, l'habitat d'accompagnement est représenté par les logements de fonction des différents établissements et organismes publics.

**Conclusion :**

Le terme habitat possède plusieurs significations selon divers domaines (social, écologique...), ce qui engendre l'existence de plusieurs typologies : collectif, individuel, traditionnel, colonial... l'architecture coloniale en Algérie est un prototype de l'architecture du 19<sup>e</sup> siècle des villes Françaises, ces dernières sont le résultat de plusieurs combinaisons : premièrement le principe orthogonal des villes d'Europe hérité de l'architecture romaine, les interventions d'Hausmann et quelques inspirations des squares et jardins anglais. Selon Daniel Wiczorek : *« la plupart des historiens de l'urbanisme relèguent le discours dans l'ombre des plans et des espaces effectivement construits. Les mémoires d'Hausmann n'y sont plus que la paraphrase des travaux d'extension de Paris, et les Cités jardins de demain connotent simplement les plans de Letchworth et Welwyn »*<sup>17</sup>

La pensée française est imprégnée dans la philosophie de la ligne droite. Selon Bertrand M.J : *« Le plan de la ville est un facteur essentiel qui oriente les déplacements et hiérarchise les perceptions....le plan en damier égalise les distances et les directions »*

L'habitat à Jijel se présente sous plusieurs formes, composé des unités homogènes que nous appelons type. Le type colonial est caractérisé au niveau urbain par l'alignement des habitations, des formes régulières pour les îlots et les parcelles ce qui donne un tissu régulier. A l'échelle architecturale, l'habitat de la période coloniale est caractérisé par une certaine homogénéité c'est-à-dire c'est les mêmes principes qui se répètent ; ce qui concerne les matériaux de construction, la présence du patio, toiture en pente...

---

<sup>17</sup> A. Lopez de Aberasturi, Camillo Sitte et les débuts de l'urbanisme moderne, édition O.P.U, Alger, Algérie, 1984. P : 7

## *Présentation de l'environnement d'étude et de l'investigation in situ*

*« La science n'est pas pour moi une activité théorique menée derrière un ordinateur et coupée du réel, c'est une activité tirée du réel »<sup>1</sup> Claude Allegre.*

### **Introduction :**

Selon Claude Allegre la recherche sur terrain donne beaucoup d'information sur la réalité, de ce fait, l'investigation in situ montre clairement le fond des choses, elle nous aide d'arriver à une compréhension explicative de notre hypothèse d'une façon confirmative ou infirmative. La présente recherche s'intéresse à la qualité de l'environnement hygrothermique intérieur du bâtiment traditionnel à patio suivant différentes formes géométriques de celui-ci. Elle a pour but d'apprécier l'impact de la configuration spatiale, de l'orientation sur la température et l'humidité de l'air dans les espaces intérieurs. Il aussi question d'évaluer les différentes réactions des individus à l'intérieur de la maison à patio.

Pour ce faire, on a opté deux méthodes d'investigation : la première quantitative à travers des mesures in situ pour le prélèvement de deux paramètres qui se résument en : température et humidité de l'air. Quant à la deuxième, elle se veut qualitative ou plus précisément subjective et elle consiste en une collecte d'opinions sur le degré de confort vécu en général et hygrothermique en particulier. Et d'information sur le comportement des usagers, leurs réactions, leurs interactions avec l'environnement physique durant la période estivale...etc. Pour bien mener cette investigation, les outils de recherche utilisés sont respectivement : des appareils de mesure et le questionnaire.

Pour permettre une crédibilité scientifique de ce travail, une étude typologique sur les patios qui existent dans la zone d'étude a d'abord été réalisée avec une description générale du tissu traditionnel de la ville de Jijel et ensuite des statistiques sur les habitations à patio de la période coloniale. Enfin la sélection des habitations a été effectuée sur la base de la typologie la plus fréquente. Le présent chapitre explique aussi les échantillons à étudier et la méthodologie choisie pour bien mener le travail sur terrain.

---

<sup>1</sup> [www.scribd.com/.../Ma-Verite-sur-la-Planete-Claude-Allegre](http://www.scribd.com/.../Ma-Verite-sur-la-Planete-Claude-Allegre)



### VII.2.2-Analyse climatique de la ville de Jijel :

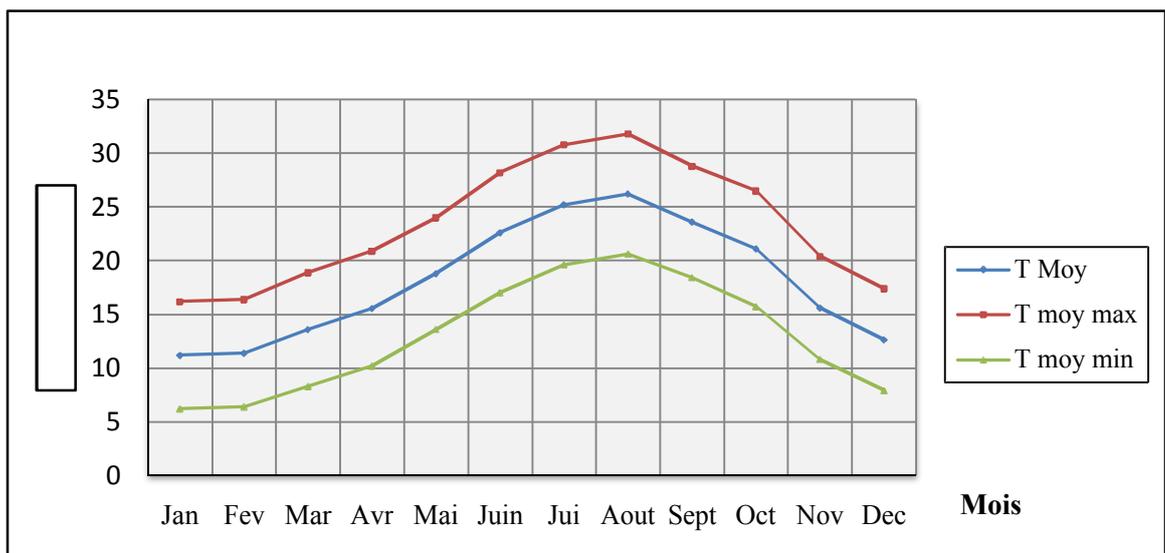
La région de Jijel se caractérise par un climat méditerranéen, elle fait partie du littoral marin (zone A), pluvieuse et froide en hiver, chaude et humide en été. Les températures varient entre 20°C et 35°C en été et de 5°C à 15°C en hiver. La présence des hautes montagnes des Babors le caractérise par un volume important de précipitations pendant les saisons pluviales. Elle est considérée parmi les régions les plus pluvieuses d'Algérie.

#### VII.2.2.1-Les températures :

Les données météorologiques relatives aux années 1999-2008 proviennent de la station météo de Jijel montrent que : la température moyenne annuelle est de 18,12°C, la moyenne maximale est de 26,4°C au mois d'Aout (le mois le plus chaud) et la moyenne minimale correspond au mois de Janvier avec une valeur de 11,2°C (le mois le plus froid).

La température moyenne mensuelle des maxima la plus élevée est celle du mois d'Aout où il a été enregistré la valeur de 31,80°C, par contre la température moyenne mensuelle des minima la plus basse est celle du mois de janvier ayant comme valeur de 6,2°C. Pour les deux mois : septembre et octobre, la chaleur est encore forte où les températures moyennes des maxima évoluent autour de 27°C.

Les températures de la région connaissent un adoucissement grâce à la couverture végétale et la présence de la mer.



Graphe -VII.1 : Evolution des températures moyennes mensuelles durant la période 1999-2008

Source : Station Météo de Jijel, réadapté par l'auteur

**VII.2.2.2-L'humidité :**

La courbe de l'humidité relative varie dans le sens inverse des températures. D'après le graphe suivant, on remarque que :

- L'humidité moyenne mensuelle des maxima et des minima ( $HR_{max}$ ,  $HR_{min}$ ) et les moyennes annuelles ( $HR_{moy}$ ) prennent la même allure (des courbes presque horizontales), ce qui explique qu'il y a pas une grande différence entre tout les mois de l'année.

-Le taux d'humidité relative ( $HR_{max}$ ,  $HR_{min}$ ,  $HR_{moy}$ ) est très élevé que ce soit en saison hivernale ou estivale. On peut signaler une différence de (6,24%) entre le mois le plus chaud (Aout : 68,55%) et le plus froid (Janvier : 74,8%).

-Cette augmentation du taux d'humidité pendant toute l'année (une moyenne annuelle qui dépasse généralement (70%) dans la région de Jijel, sera expliquée par le taux élevé de l'évaporation et la présence d'une couverture végétale très importante, ce qui suggère que le climat de la ville de Jijel soit humide et froid en hiver et chaud et humide en été.

**Calcul de l'indice d'aridité de "Martonne" :**

$$I = P / (T + 10), \text{ Avec :}$$

Et on a aussi:

I : indice d'aridité

P : précipitations annuelles

T : température moyenne annuelle

$$I = 959.5 / (18.12 + 10) = 34.12$$

$$I = 34.12 \rightarrow 30 < I < 55$$

➤  $0 < I < 5$  : climat hyper aride.

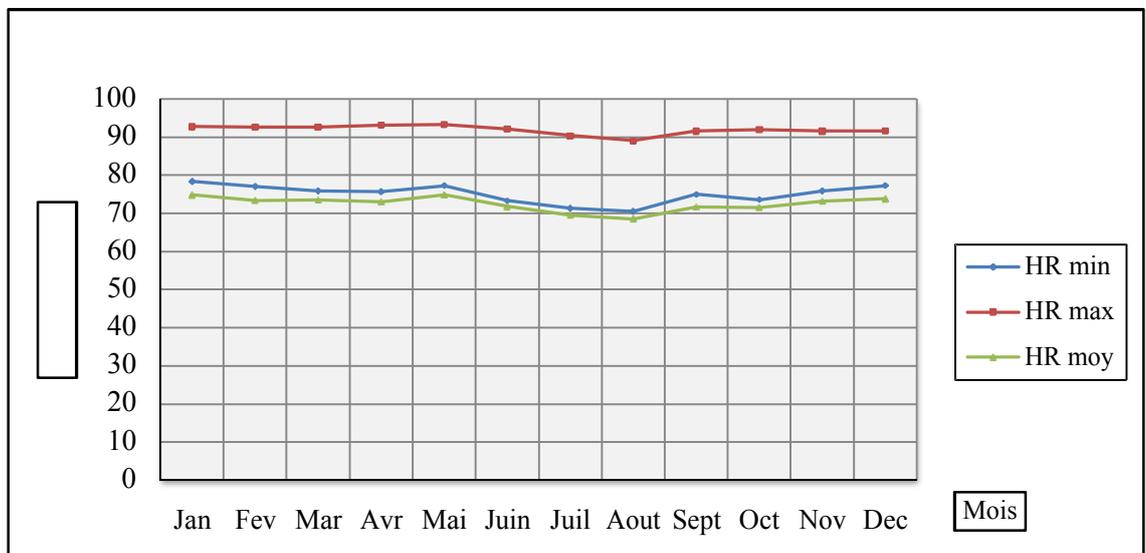
➤  $5 < I < 10$  : climat aride.

➤  $10 < I < 20$  : climat semi aride.

➤  $20 < I < 30$  : climat semi humide.

➤  $30 < I < 55$  : climat humide.

Donc, le climat de la ville de Jijel a un climat humide.



**Graph -VII.2 : Evolution de l'humidité moyennes mensuelles durant la période 1999-2008**

Source : Station Météo de Jijel, réadapté par l'auteur

**VII.2.2.3-Le vent :**

Les vents dans la région ont une direction généralement Nord-Ouest, de faible intensité, la vitesse la plus petite se déroule dans la période d'été, elle est à peu près nulle la nuit.

La moyenne maximale est enregistrée dans le mois de Mars d'une vitesse de 4.10 m/s et la moyenne minimale de 2.0 m/s pour le mois d'Aout. Donc, on peut caractériser le vent à Jijel comme un vent modéré.

En ce qui concerne la direction du vent elle se diffère comme suit :

↻ D'Octobre à Mai : généralement, le vent provient du Nord-ouest (vents froids)

↻ De Juin à Septembre : le vent provient du Nord et Nord-est (vents chauds)

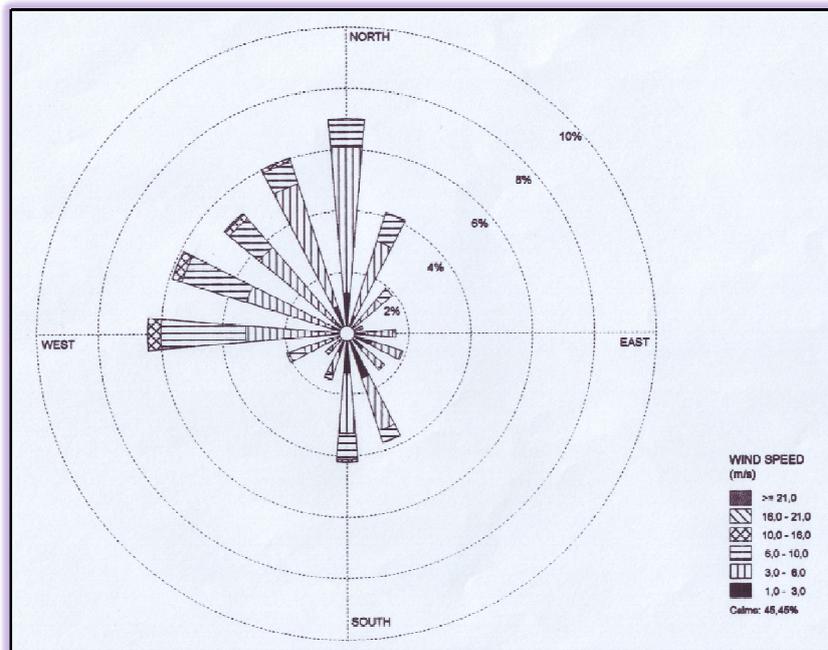
Les vents venant de l'est sont des vents chauds et de faible fréquence.

mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Vitesse de l'air	3.29	3.46	4.1	2.77	2.55	2.16	2.08	2	2.12	2.58	2.86	3.28
Direction	S-O	N-O	N-O	N-O	N-O	N	N-E	N-E	N	N-O	N-O	S-O

**Tableau-VII.1 : La vitesse moyenne des vents dominants (m/s) période : 1985-2004**

Source : BOURAOUI.R : Stratégies pour des lotissements environnementaux en Algérie (Thèse de magistère, Cas de Jijel), 2006

Selon la rose des vents de la période 1999-2008, on trouve les mêmes constats seulement on remarque des vents provenant de la direction S-E et sud qui ne sont pas observés durant la période de 1985-2004.

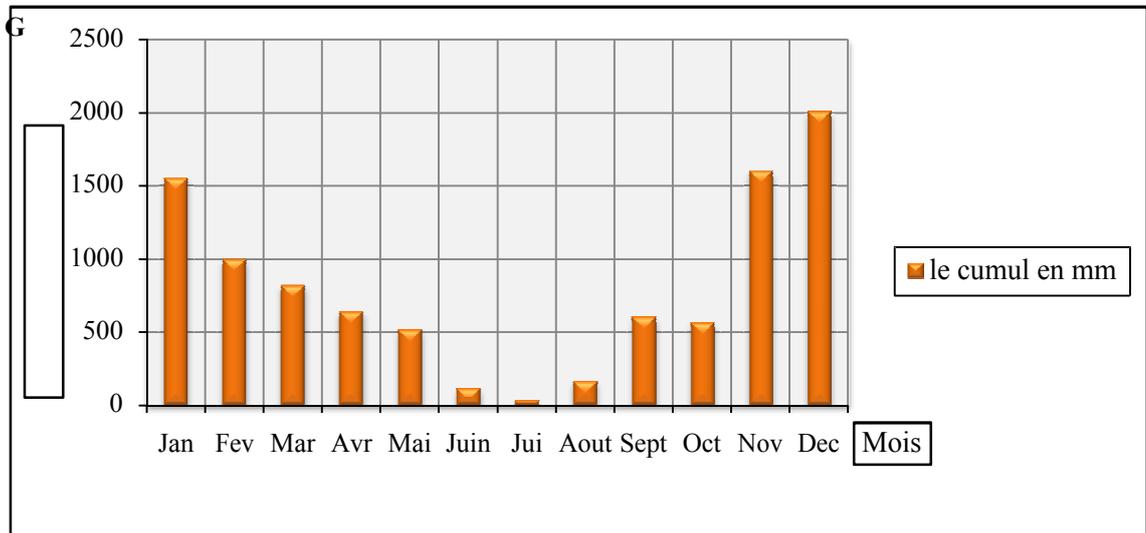


**Figure-VII.2 : La rose des vents durant la période 1999-2008**

Source : Station Météo de Jijel

#### VII.2.2.4-Les précipitations :

Le cumul mensuelle des pluies est important pendant l'hiver et l'automne, le total annuel est de 959.5 mm avec un maximum de 200,6 mm enregistré en décembre, la ville de Jijel est caractérisée par une durée de sécheresse pendant trois mois (juin, juillet et aout) qui ont respectivement les valeurs suivantes (11.6, 3.2, 16.1 mm). La hauteur annuelle moyenne est de 799.58 mm.

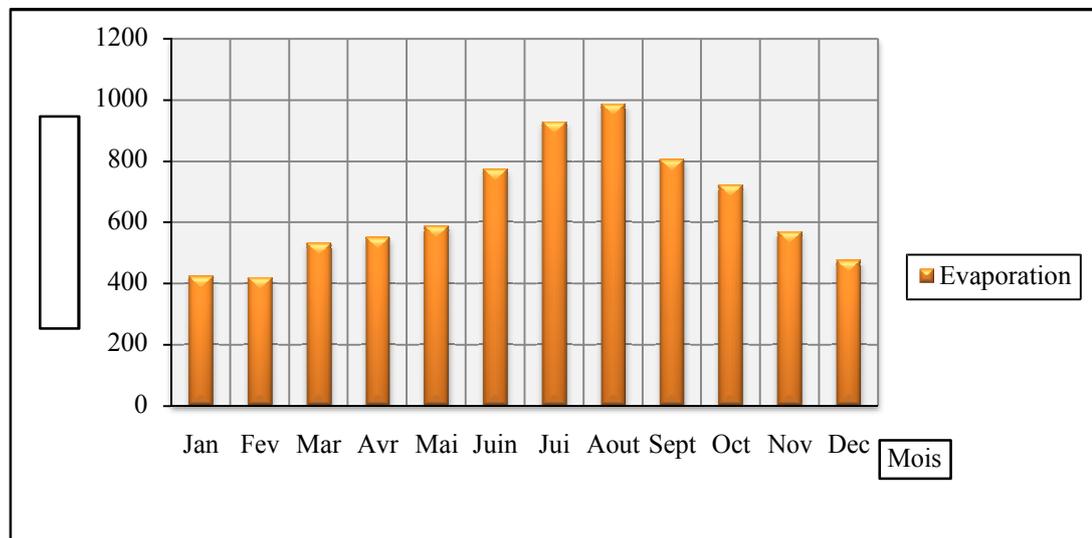


**Graphe -VII.3 : Evolution des précipitations moyenne mensuelle durant la période 1999-2008**

Source : Station Météo de Jijel, réadapté par l'auteur

#### VII.2.2.5-L'évaporation :

La lecture de l'histogramme de l'évaporation de la ville de Jijel, montre que le graphe suit une allure contraire par rapport à la courbe des précipitations. L'évaporation mensuelle atteint un maximum de 985,5 mm au mois d'Aout et un minimum en février de 417,8 mm.

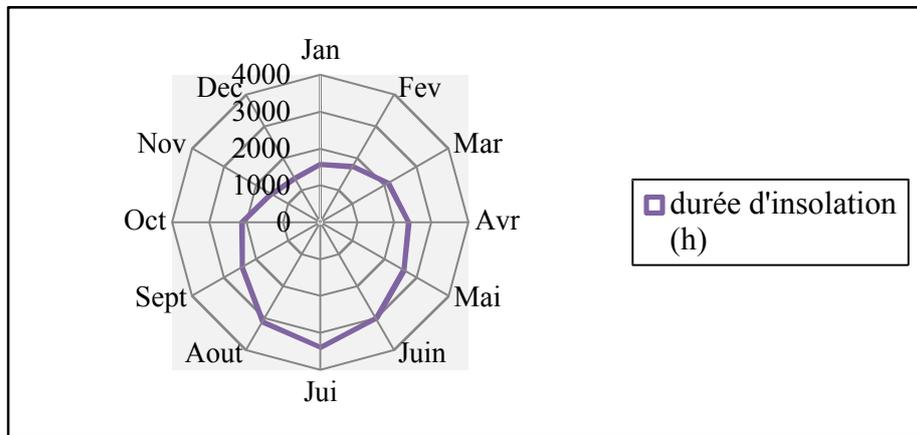


**Graphe -VII.4 : Evolution de l'évaporation moyenne mensuelle durant la période 1999-2008**

Source : Station Météo de Jijel, réadapté par l'auteur

### VII.2.2.6-La durée d'insolation :

Elle traduit la durée du rayonnement solaire, exprimé en heure, le moyen annuel de l'insolation est de 2284,6 h avec un maximum enregistré au mois de juillet 3391 h et un minimum de 1386,7 h enregistré à décembre.



Graphique -VII.5 : Evolution de la durée moyenne mensuelle durant la période 1999-2008

Source : Station Météo de Jijel, réadapté par l'auteur

### VII.2.3-Présentation du périmètre d'étude :

Le tissu colonial de la ville de Jijel est un tissu régulier obéit aux lois des génies militaires, il révèle les caractéristiques suivantes : un tracé avec la ligne rectiligne se qui crée des îlots de formes régulières, ces derniers sont orientés selon l'axe N-E/S-O et l'axe N-O/S-E. Dont les équipements occupent la bande la plus proche de la mer pour bénéficier d'un été frais à cause des brises de mer maritime.

Dans cette partie de la recherche on va passer d'une étude qualitative qui intéresse à l'échelle globale de la ville, c'est-à-dire la détermination des différents tissus comportant les maisons à patio et leur nature, ensuite quantitative au niveau de notre cas d'étude.

La lecture générale du tissu de la ville de Jijel nous montre que le tissu traditionnel est représenté par le tissu colonial et d'autres lotissements éparpillés autour du celui-ci. Ces zones sont les suivantes :

**-Tissu colonial (centre ville actuellement) :** c'était le premier plan de la ville de Jijel, s'édifie en 1861 par les colons, il est marqué par la régularité parfaite.

**-Cité Assous (Bon marché) :** suite à la saturation du centre ville, l'extension de celle-ci se dirige vers le coté Nord-ouest.

**-Calzada :** un quartier planifié dans le cadre d'une opération de morcellement de terrain, initié par les colons pour certaines familles algériennes aisés. Ce lotissement est marqué par une homogénéité formelle, des maisons de type arabe avec patio composé d'un rez-de-

chaussée plus l'étage, dont la superficie de chaque parcelle est de 125m<sup>2</sup>. La majorité des maisons avec des toitures en tuile.

- **Village Moustafa** : est parmi les quartiers légaux et qui sont développés juste à coté de la nouvelle ville

- **Village Moussa** : occupé par la population rurale qui a quitté les montagnes après la guerre de libération après (en 1954) pour s'installer dans les quartiers informels comme la cité Moussa.

- **Lazouine** : parmi les quartiers d'extension du centre ville vers le coté Sud-ouest.

- **Crête** : exactement à ce que sa dénomination peut faire croire, un quartier s'édifié sur une crête, est un tissu spontané et hétérogène. Des maisons de différentes formes en plan et en élévation.

- **Quartier Pépinière et De Comoli** : deux tissus traditionnels caractérisés par l'hétérogénéité

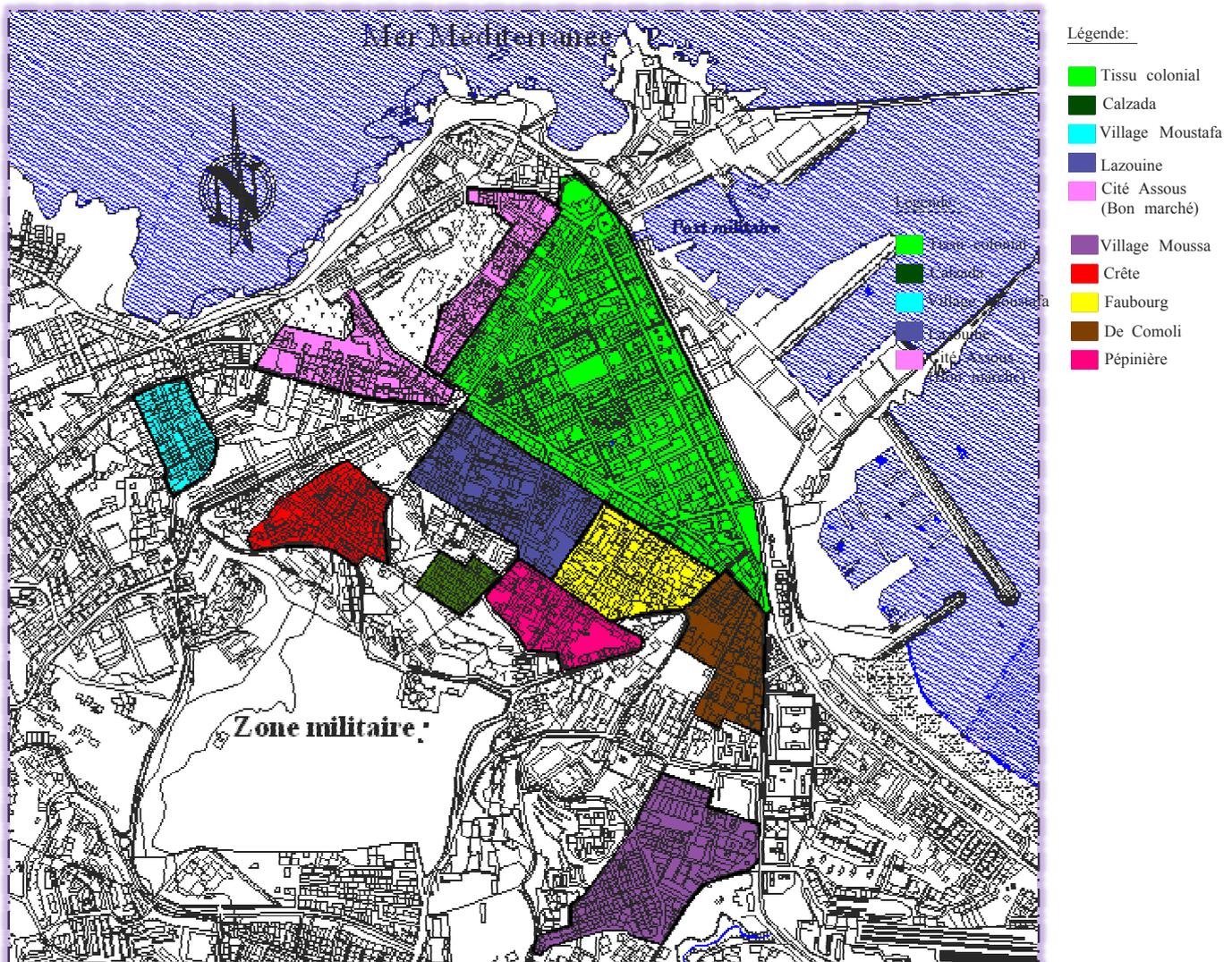


Figure VII.3 : Les tissus traditionnels dans la ville de Jijel

Source : Auteur, 2009

**VII.2.3.1-Présentation de la zone d'étude :**

Le centre ville de Jijel, bien individualisé par des limites concrètes relevant du plan d'urbanisme de la ville coloniale sur les trois côtés du triangle : à l'Ouest, l'avenue Emir Abdelkader (rue Vivonne), au Nord le boulevard L'avenue 1<sup>er</sup> novembre 1954 qui longe le littoral, au Sud l'avenue Abdelhamid Ben Badis qui correspond à l'ancienne muraille (Bab Essour). (Voir figure : VI.4, chapitre VI).

**VII.2.3.2-Critère de choix de la maison de l'époque coloniale :**

L'habitat de l'époque coloniale en Algérie est caractérisé par une certaine homogénéité structurale, organisationnelle, et même conceptuel, car la commission des bâtiments civils ont élaboré des règlements auxquels seront soumises les constructions en Algérie, à titre d'exemple la hauteur maximale était fixée de 12.5m (sauf pour la ville d'Alger les hauteurs dépendent du prospect), les maisons doivent présenter au moins un rez-de-chaussée et un étage.

L'analyse architecturale des maisons révèle plusieurs paramètres qui entrent dans leur performance thermique, parmi ces caractéristiques : une organisation spatiale généralement centralisée où les pièces de la maison sont organisées tout autour d'une cour, des toitures en tuile, une forte inertie thermique grâce à l'utilisation des murs épais en pierre sèche, la brique cuite, hourdis plein, la quasi-totalité des habitations sont orientées selon l'axe N-E/S-O et l'axe N-O/S-E.

Les maisons choisis se situent dans le tissu colonial, qui comporte plusieurs morphologie géométriques afin d'évaluer le confort thermique dans ces typologies, donc le changement dans la géométrie et l'orientation et cela pour vérifier deux hypothèses.

**VII.2.3.3-Étude typologique et échantillonnage :**

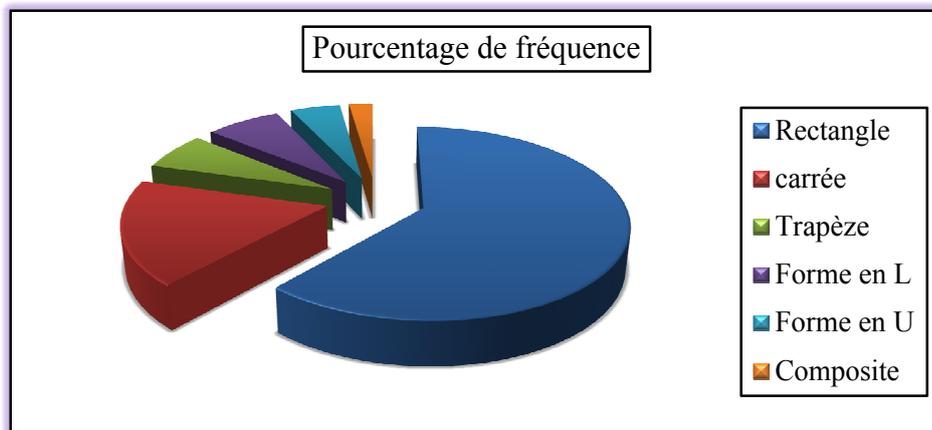
Notre sélection de l'échantillonnage est basée sur les facteurs suivants :

On a choisi un tissu colonial obéit aux lois d'urbanisme des colons, dont on veut évaluer la performance thermique de quelques maisons de cette période, en réalité il existe d'autre tissu qui comporte des maisons à patio dans la ville de Jijel, mais ils sont qualifiés par l'anarchique et l'incohérence d'où vient la complexité d'étudier ce type de tissu (il n'est y a que le tissu colonial qui illustre son organisation et homogénéité). Ensuite on a fait le pourcentage de fréquentation de chaque typologie à savoir : la forme en plan, nombre de niveaux, des formes géométrique, la position du patio par rapport à la masse, l'orientation. (Voir figures : 6, 7, 8, 9, et le détail de cette étude est affiché dans annexe 4).

### ↻ La forme en plan :

Le taux de fréquence des formes géométriques des patios est comme suit :

La forme rectangulaire est la plus répétée : 64,11 %, ensuite on trouve la forme carrée : 18,53 %, forme en L : 7,35 %, trapèze : 6,76 %, forme en U : 4,9 %, composite : 2,35 %

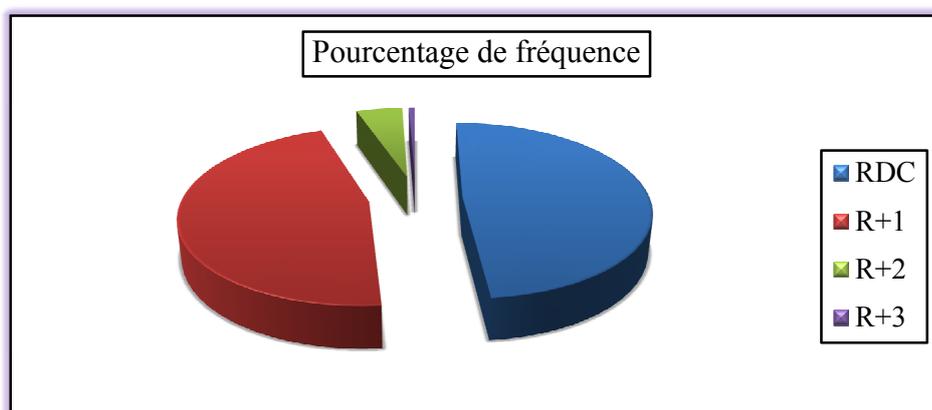


**Graphique-VII.6: Pourcentage de fréquence de la forme en plan**

Source : Auteur, 2009

### ↻ Nombre de niveau :

La hauteur des habitations de la période coloniale dans la zone d'étude ne dépasse pas les quatre niveaux (R+3), la typologie la plus fréquente est la maison avec un seul niveau (48.53%), ensuite on trouve R+1 avec un pourcentage de (46.17%), alors que les habitations en R+2 et R+3 ne représentent que 4.7%, 0.6% respectivement pour ces deux catégories.

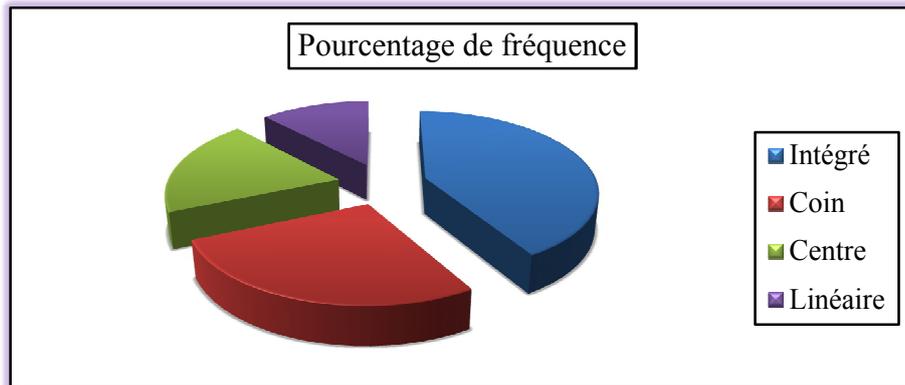


**Graphique-VII.7 : Pourcentage de fréquence de la hauteur**

Source : Auteur, 2009

### ↻ La position du vide par rapport au plein :

Le graphe suivant montre que (41.47%) représente le type de patio « intégré », l'emplacement du patio au coin représente un taux de 27.06%, au centre 19.41% , et enfin le pourcentage le plus faible (12.06% ) des catégories appartenant à la position linéaire

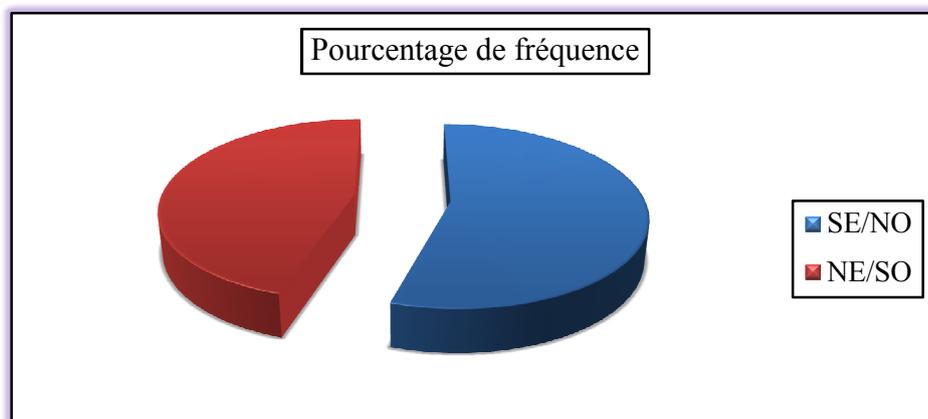


**Graphique-VII.8: Pourcentage de fréquence de la position du patio par rapport au plein**

Source : Auteur, 2009

#### ↻ L'orientation :

Le tissu colonial est régulier, de ce fait, les orientations sont limitées en deux types : Sud-est/Nord-ouest avec un taux de 54.83% , et la deuxième orientation est selon l'axe Nord-est/Sud-ouest : 45.17%



**Graphique-VII.9: Pourcentage de fréquence de l'orientation**

Source : Auteur, 2009

En se basant sur ces résultats quantitatifs, on a opté pour notre étude la forme rectangulaire, des maisons en RDC et R+1, deux orientation : SE/NO, NE/SO et deux positions du patio : intégré et au centre. Mais il faut noter qu'on a rencontré des difficultés énormes in situ, surtout pour le choix des cas d'étude, car après cette analyse typomorphologique sur le centre colonial de la ville de Jijel, on n'avait pas une grande liberté pour choisir les cas à analyser. vu qu'on possède une société très stricte dans ses normes car pour elle la vie privée est intouchable. c'est pour cela qu'on a perdu le temps (5mois) pour la recherche de l'échantillon, après un travail sur site très fatigant, on a réussi à avoir 5 maisons de caractère différents avec les critères déjà analysés.

Et comme il est nécessaire d'avoir d'autres exemples pour élargir nos conclusions, on a pris un échantillon probabiliste représenté par deux maisons en dehors de ce tissu (M6, M7), M6 est de type arabe avec patio. Elle a les mêmes principes structuraux que les autres habitations,

elle est caractérisée à la fois par la présence de la végétation et un taux d'ouverture très important. Alors que M7 malgré elle se situe en dehors du centre colonial mais cette habitation est de type colonial, car les colons ont occupé la partie la plus proche de la mer pour profiter d'un climat frais pendant la soirée et la nuit d'été.

Les sept maisons à patio choisies sont tous de la période coloniale, avec le même principe structural (mur porteur en pierre, voûte, toiture...) mais avec des orientations, hauteurs et des ratios différents. La figure suivante (VII.4) présente la situation des habitations à étudier.



**Figure-VII.4 : Localisation des maisons à étudier**

Source : auteur, 2009

### VII.3-Présentation des cas d'étude :

**VII.3.1-La maison N°1 :** Elle est bordée par la rue dans les deux cotés, la partie Sud par une maison mitoyenne, et le côté Est : une partie par la maison mitoyenne et l'autre partie par la cour juste à côté. Elle a un style arabo-musulman avec des arcs, composé par deux chambres, une cuisine, séjour, local, S.D.B et W.C au R.D.C. A l'étage : deux chambres et loggia et une terrasse découverte. La couleur des murs intérieurs de l'enveloppe est d'une couleur vert clair, elle est marquée par l'extraversion mais pas comme celle du style colonial. Le système constructif de l'immeuble est en murs porteurs en moellons de pierre d'une épaisseur de 54 cm, les murs intérieurs de 13cm. Signalant que le bâtiment est en bonne état, n'a pas subit de grandes modifications.

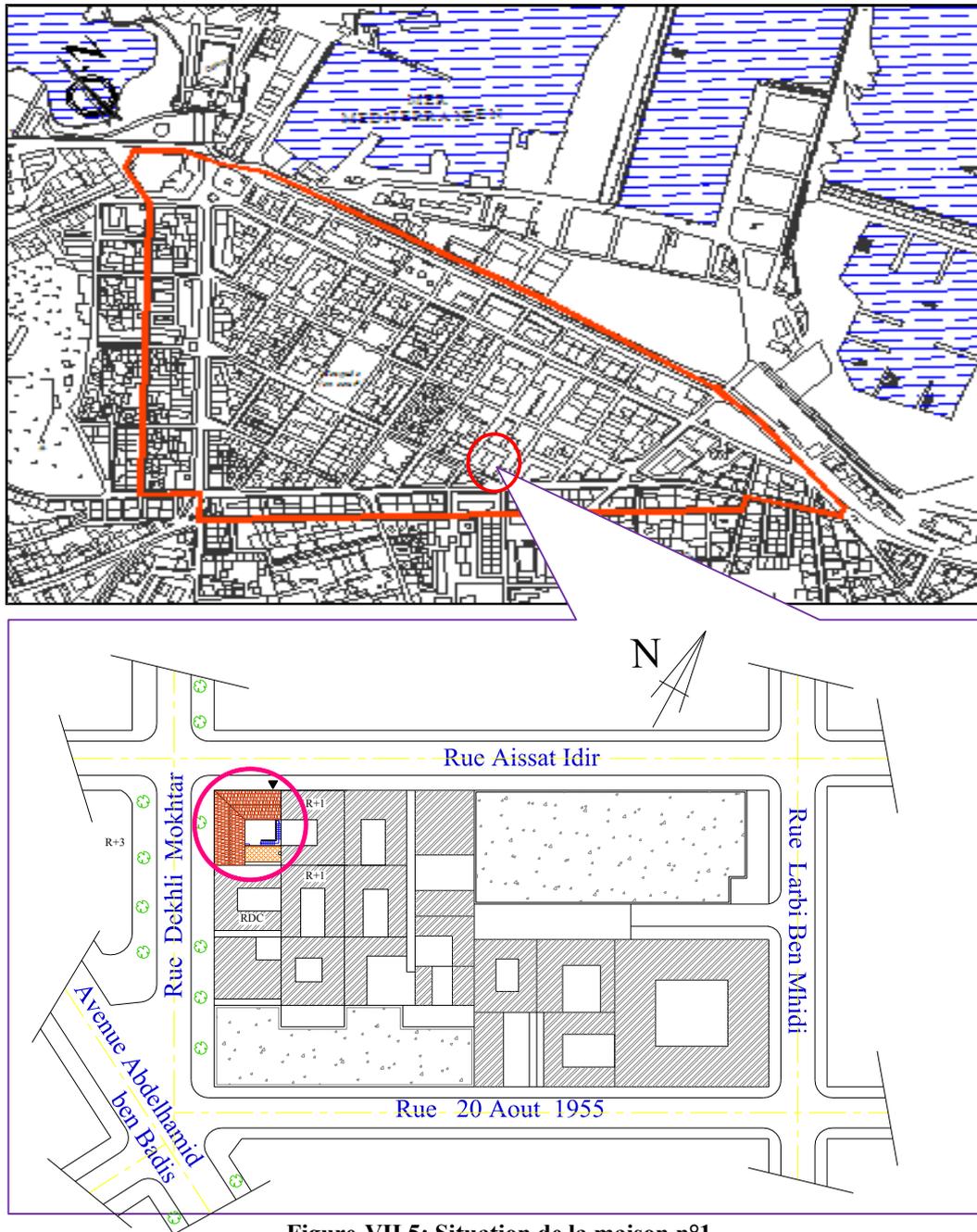


Figure-VII.5: Situation de la maison n°1

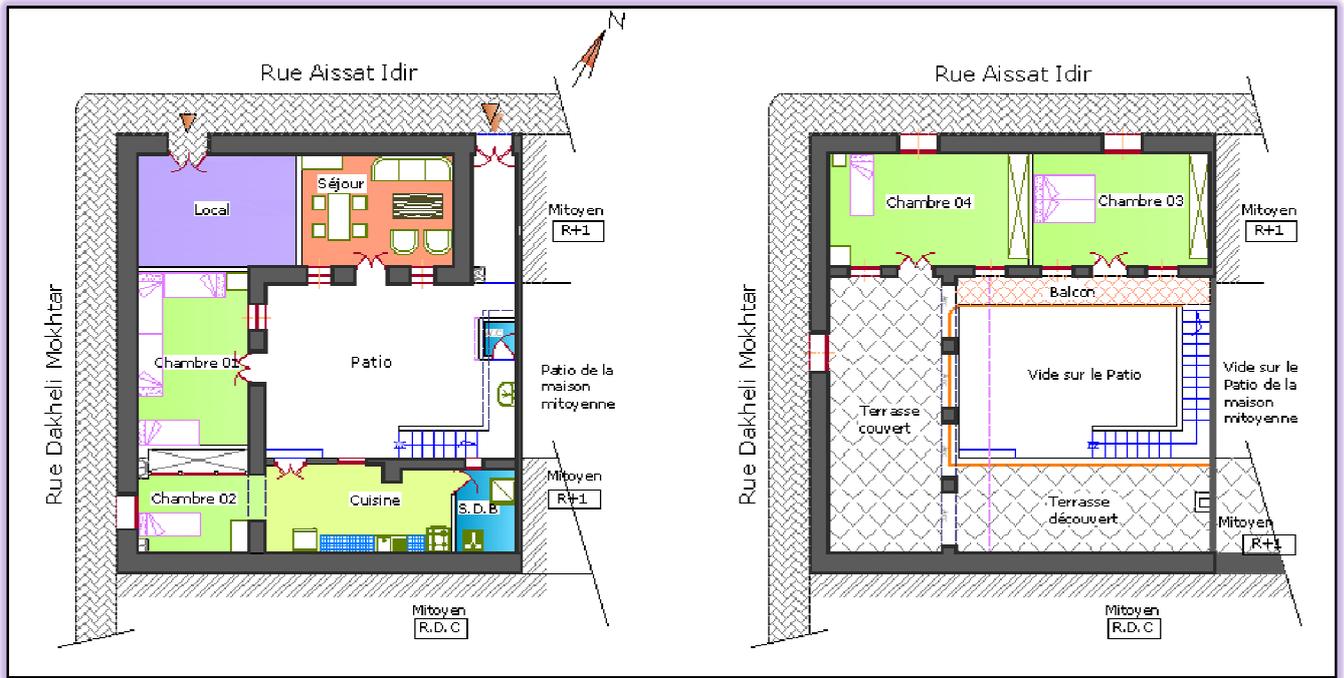


Figure-VII.6 : Plan R.D.C (à gauche), Plan 1<sup>er</sup> Étage (à droite) (Maison N°1)



Photos -VII.1: vues sur le patio (M1)

paramètre :		caractéristique
d'ordre général	le tissu	Colonial
	type de maison	arabe
	Altitude par rapport à la mer	9 m
d'ordre géométrique	forme en plan	rectangle
	dimension	L= 7.35 m, l= 5.14 m, h= 6.8 m
	le ratio (R1=S/H <sub>m</sub> ) et le SSI (R2=H/L)	R1= 5.75, R2=1
	orientation	Nord- est /Sud-ouest
	position du patio	au centre
	espace intermédiaire	galerie coté sud
	principe de fermeture/ouverture sur l'extérieur	extraversion
d'ordre physique	couleur des parois+ pavage du patio	vert claire+granito claire
	matériau de construction	Pierre
	la végétation+l'eau	/

Tableau-VII.2: les caractéristiques du patio N°1

**VII.3.2-La maison N°2 :**

La maison est composée d'un seul niveau, orientée Nord- ouest /sud- est avec une forme rectangulaire allongée, dont les pièces sont tous organisées autour du patio en forme de U (pas de pièces orientées nord), les murs ont une couleur blanche, et le sol avec un pavage clair (granito clair).

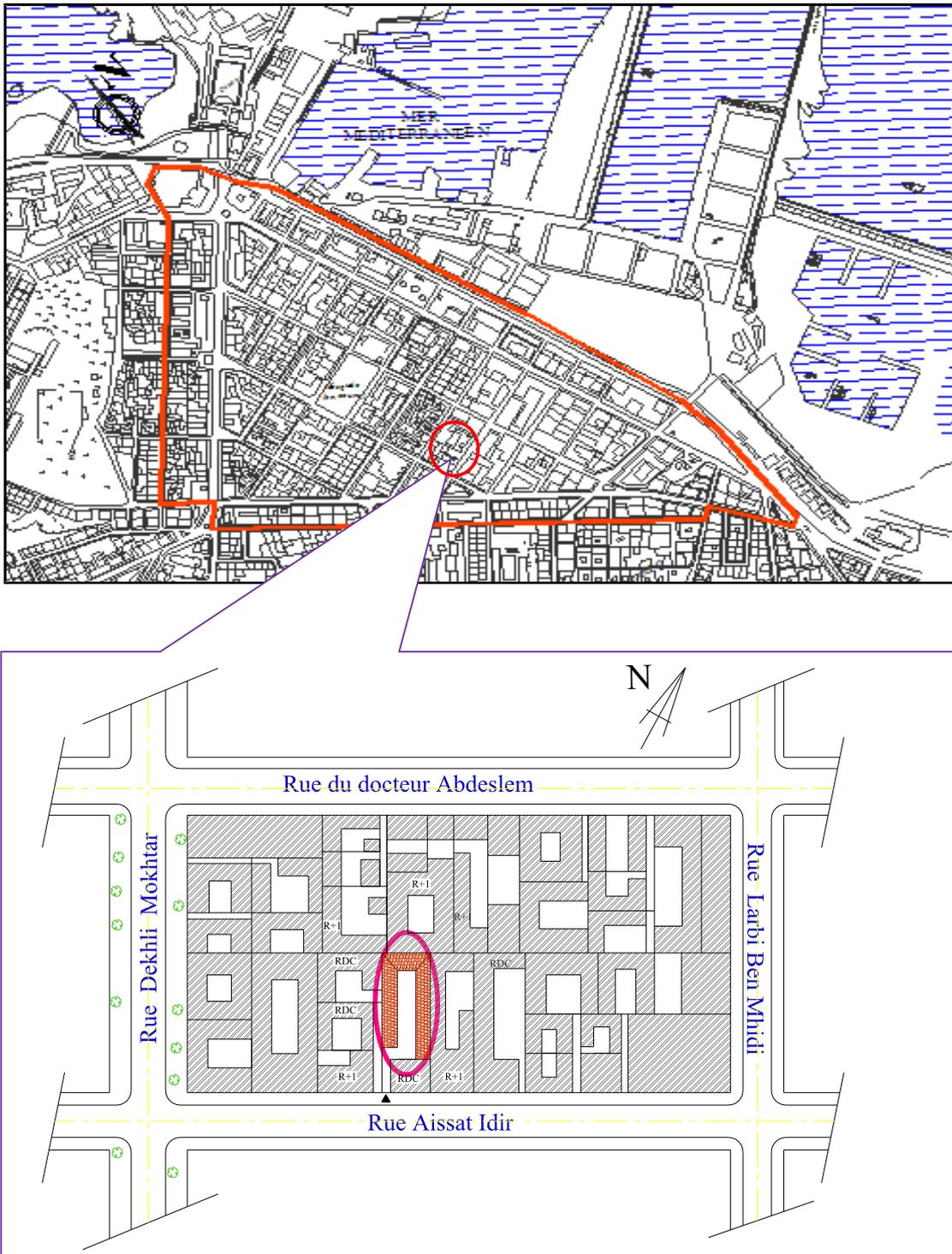


Figure-VII.7 : Situation de la maison n°2

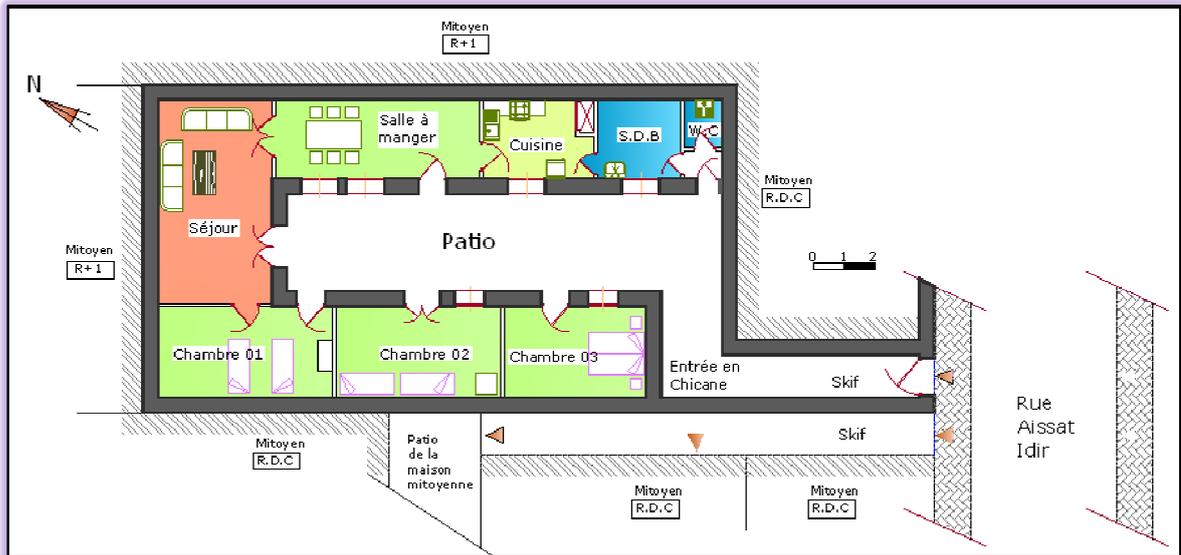
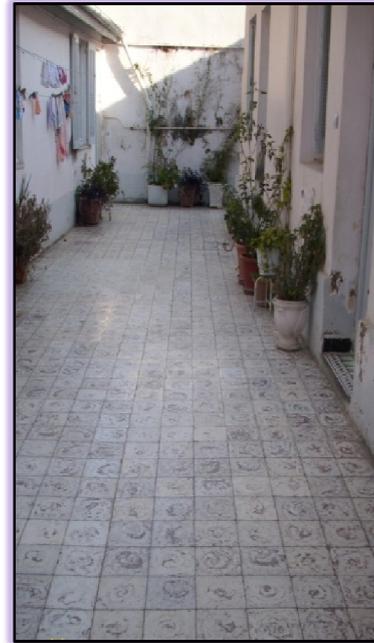


Figure -VII.8: Plan R.D.C (Maison N°2)



Photos-VII.2 : vues sur le patio

paramètre :		caractéristique
d'ordre général	tissu	colonial
	type de maison	arabe
	Altitude par rapport à la mer	8 m
d'ordre géométrique	forme en plan	rectangulaire allongée
	dimension	L= 14.3 m, l=3.2m, h= 3.4 m
	le ratio (R1=S/H <sub>m</sub> ) et le SSI (R2=H/L)	R1= 13.45, R2=0.23
	orientation	nord- ouest /sud- est
	position du patio	au centre
	principe de fermeture/ouverture sur l'extérieur	introversion
d'ordre physique	couleur des parois+ plancher	blanche avec un pavage clair
	la végétation+l'eau	des petites plantes.

Tableau-VII.3 : les caractéristiques du patio N°2

**VII.3.3-La maison N°3 :** la forme géométrique du patio est rectangulaire, orientée selon l'axe Nord- est /sud-ouest l'accès au centre de la maison se passe par l'entrée en chicane.

C'est le patio qui constitue le centre de la maison. Cette dernière dispose seulement un rez-de-chaussée. Les espaces sont organisés autour du patio, signalant que l'occupation réelle de la maison se limite aux parties suivantes : Est, Sud, Nord, cela est lié a des raisons de propriétés. Cette habitation ne s'ouvre que sur le patio.

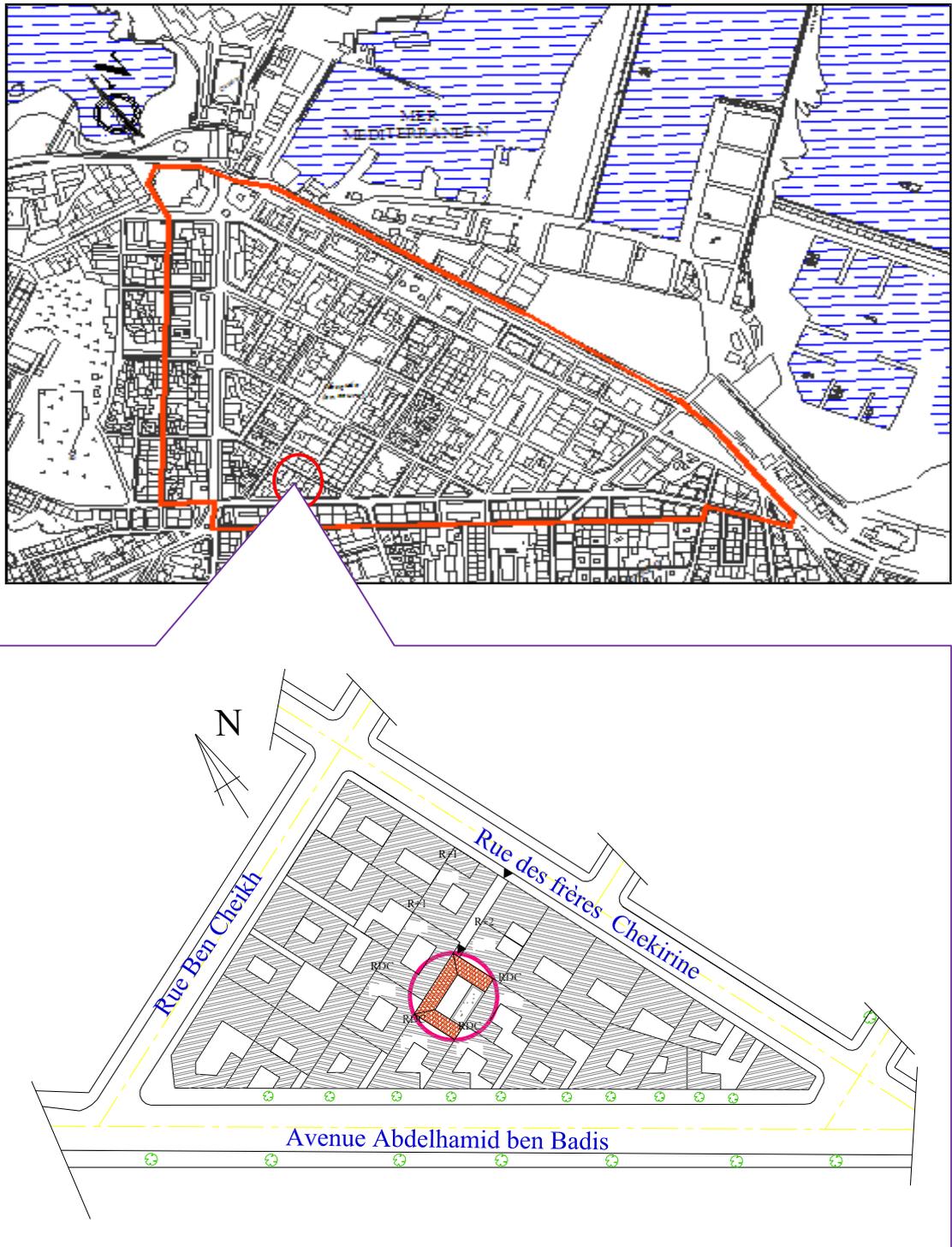


Figure-VII.9 : Situation de la maison n°3

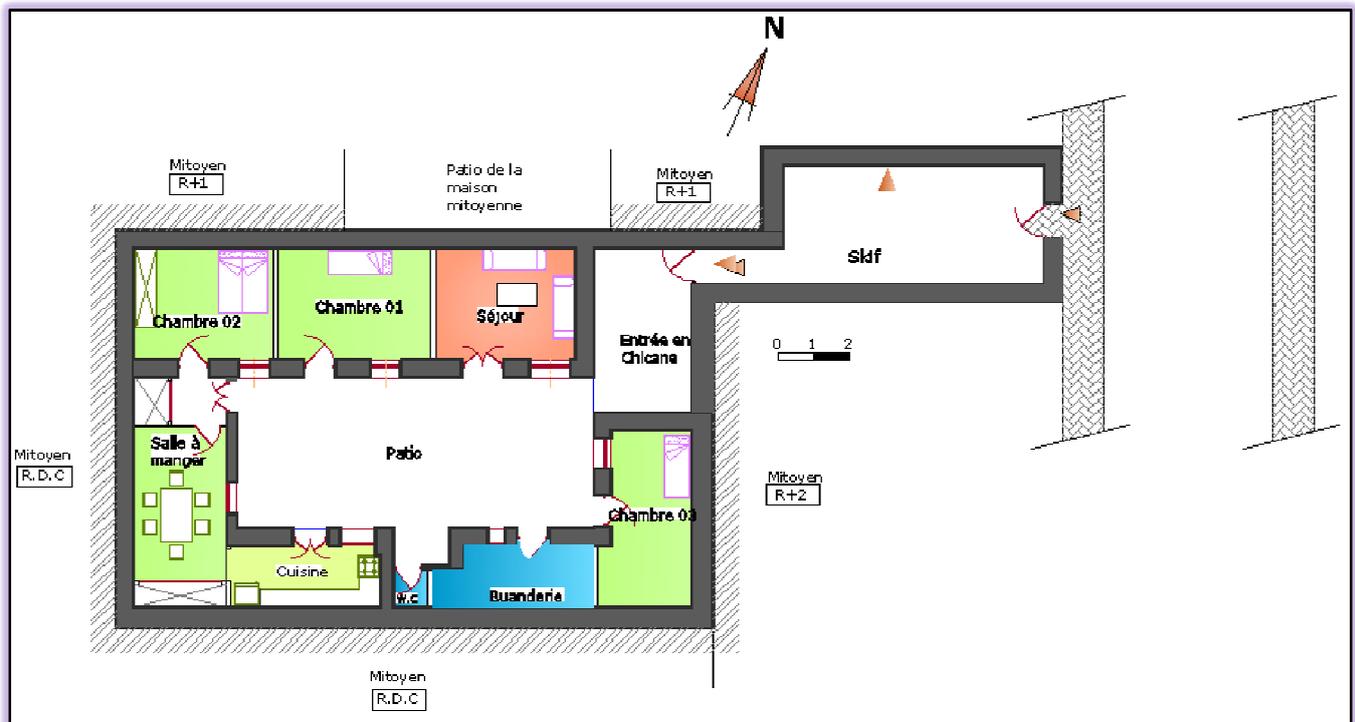


Figure-VII.10 : Plan R.D.C (Maison N°3)



Photo-VII.3 : vues sur le patio

paramètre :		caractéristique
d'ordre général	le tissu	colonial
	type de maison	arabe
	Altitude par rapport à la mer	12 m
d'ordre géométrique	forme en plan	rectangle
	dimension	L=10.1 m, l= 4.3 m, h= 3.2m
	le ratio (R1=S/H <sub>m</sub> ) et le SSI (R2=H/L)	R1= 12.2, R2=0.8
	orientation	nord- est /sud- ouest
	position du patio	au centre
	principe de fermeture/ouverture sur l'extérieur	introversion
d'ordre physique	couleur des parois+ pavage du sol	jaune claire+granito claire
	la végétation+l'eau	petite fleurs

Tableau-VII.4 : les caractéristiques du patio N°3

**VII.3.4-La maison N° 4 :**

Se localise juste à cote de la deuxième maison mais celle-là en (R +1), ses dimensions sont les suivant : longueur : 17.4 m, largeur : 4.2 m, hauteur : 8.3m, le patio dénote une régularité dans le tracé géométrique, dont l'ouverture s'inscrit dans une forme rectangulaire allongée où la longueur du patio représente quatre fois sa largeur. Cette habitation est occupée par trois familles.

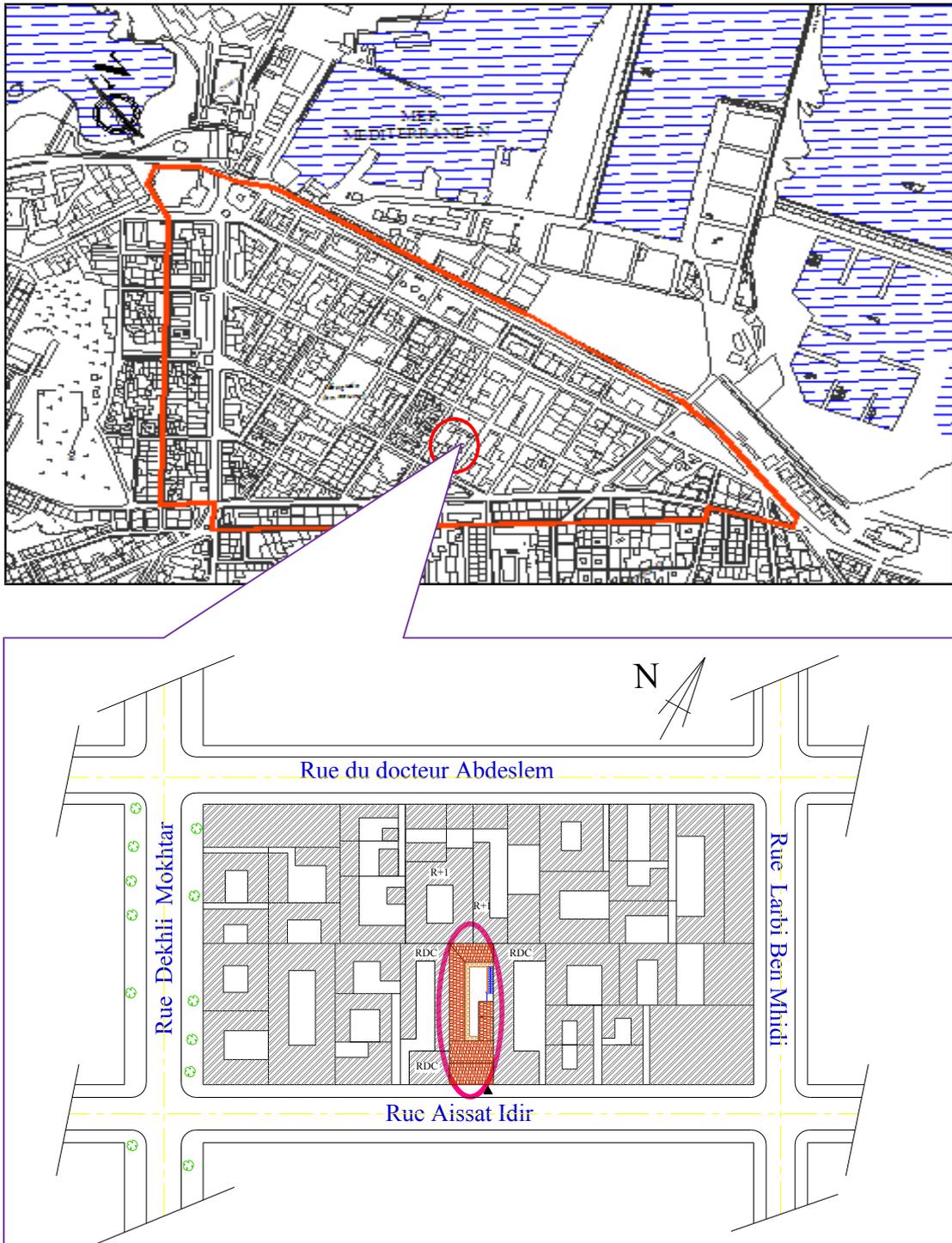


Figure-VII.11 : Situation de la maison n°4

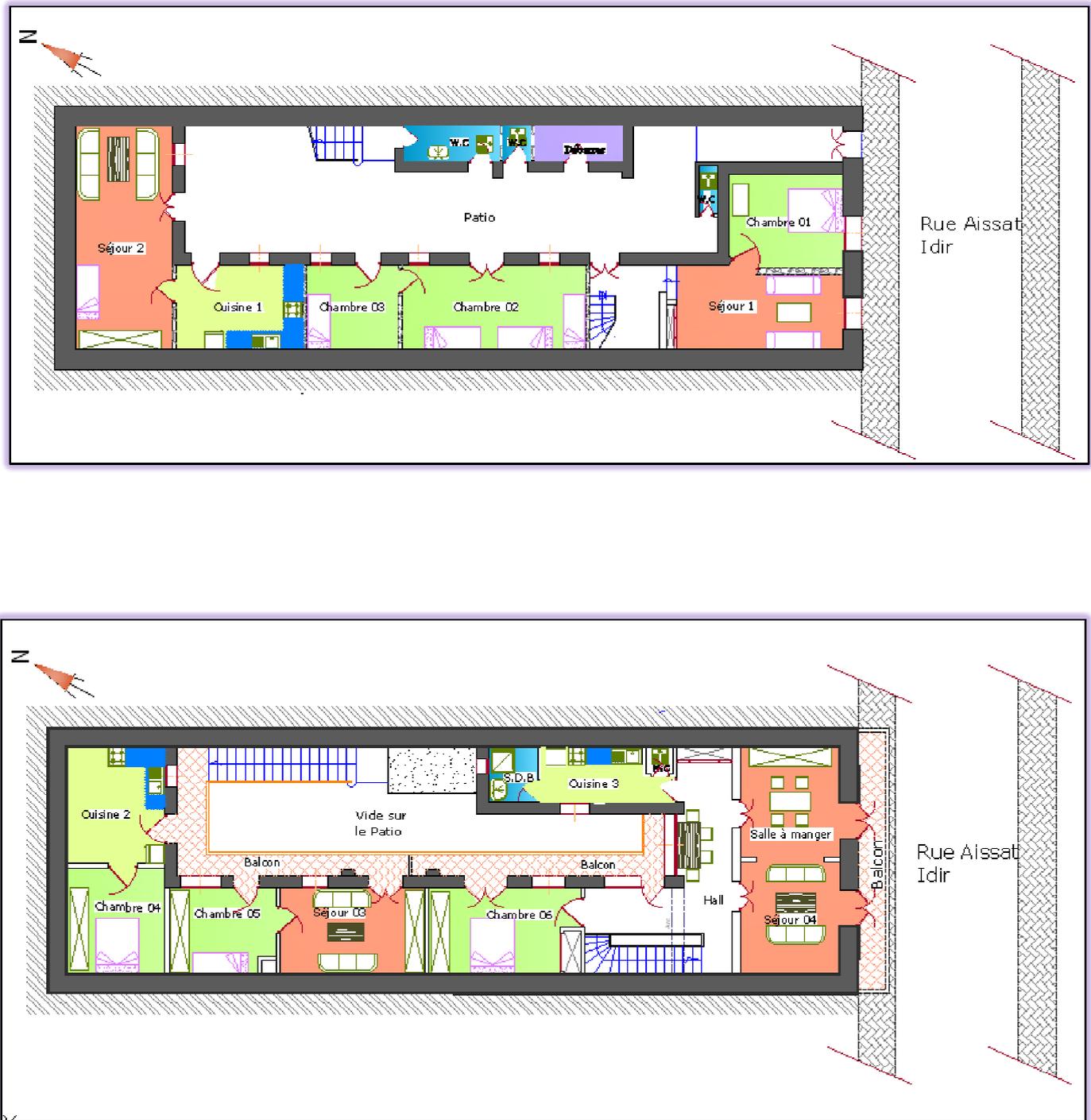


Figure-VII.12 : Plan R.D.C (en haut), Plan 1<sup>er</sup> Étage (en bas), (Maison M4)  
Source : auteur, 2009



Photos-VII.4 : Vues sur le patio (M4)

paramètre :		caractéristique
d'ordre général	tissu	colonial
	type de maison	arabe
	Altitude par rapport à la mer	8 m
d'ordre géométrique	forme en plan	Composite (deux rectangles)
	dimension	L= 17.40 m, l= 4.20 m, l'= 2.7m, h= 6.8 m
	le ratio ( $R1=S/H_m$ ) et le SSI ( $R2=H/L$ )	$R1= 7.77$ , $R2= 0.4$
	orientation	nord- ouest /sud- est
	position du patio	au centre
	espace intermédiaire	galerie
	principe de fermeture/ouverture sur l'extérieur	extravasation
d'ordre physique	couleur des parois+ pavage du sol	blanche avec un pavage clair
	la végétation+l'eau	des petites plantes.

Tableau-VII.5 : les caractéristiques du patio N°4

**VII.3.5-La maison N° 5 :** Cette maison est de forme rectangulaire, composée d'un rez-de-chaussée, et un étage, elle se caractérise par l'introversion. Le rapport proportionnel du patio de ses trois dimensions nous donne un patio de type puits se caractérise par  $H>L=1$ . Les espaces ont les orientations suivantes : est, sud, ouest avec l'absence des pièces orientées vers le Nord. La maison comprend au RDC une chambre, séjour, cuisine, débarras, WC et à l'étage trois chambres et S.D.B.

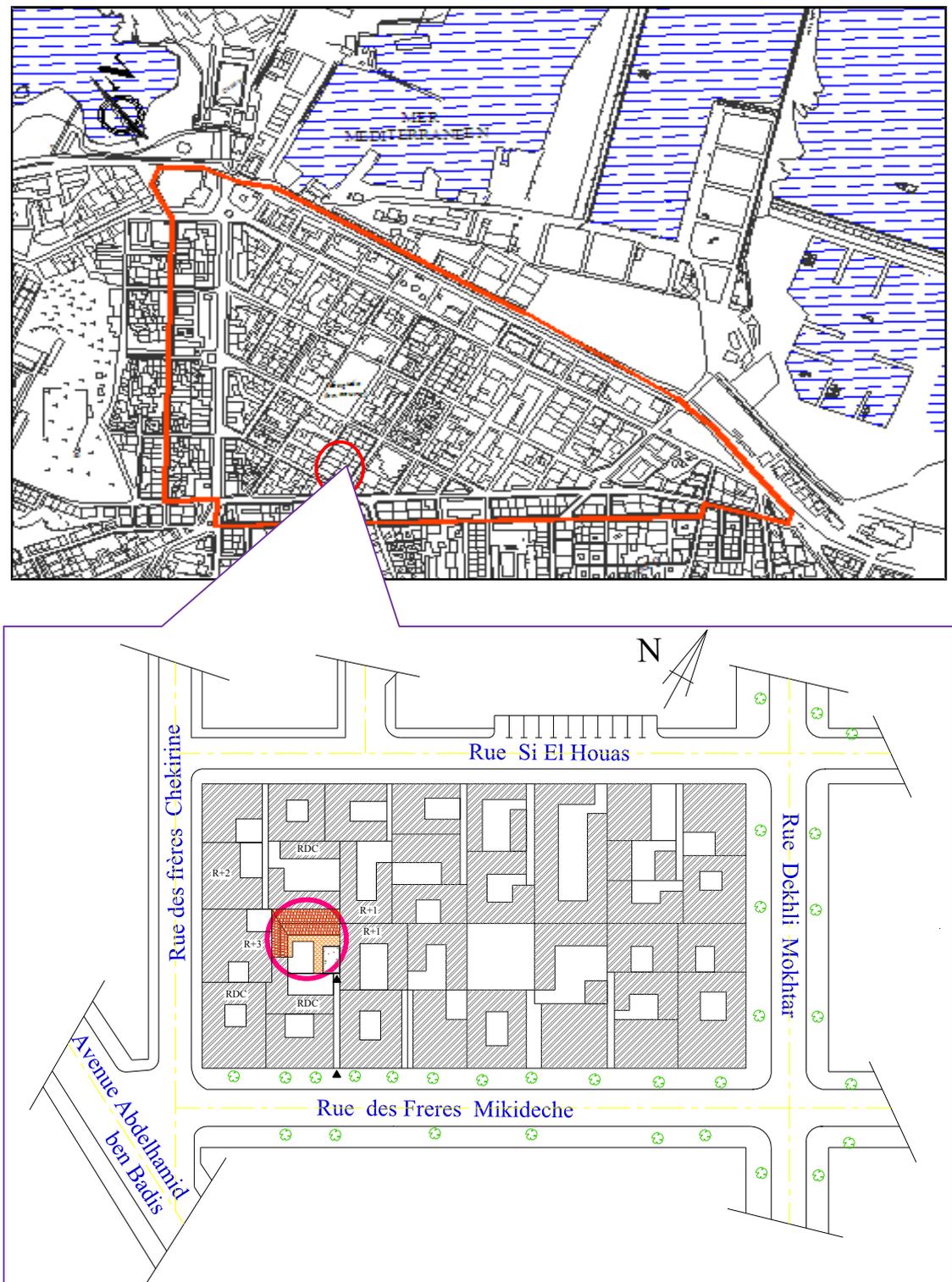


Figure-VII.13 : Situation de la maison n°5

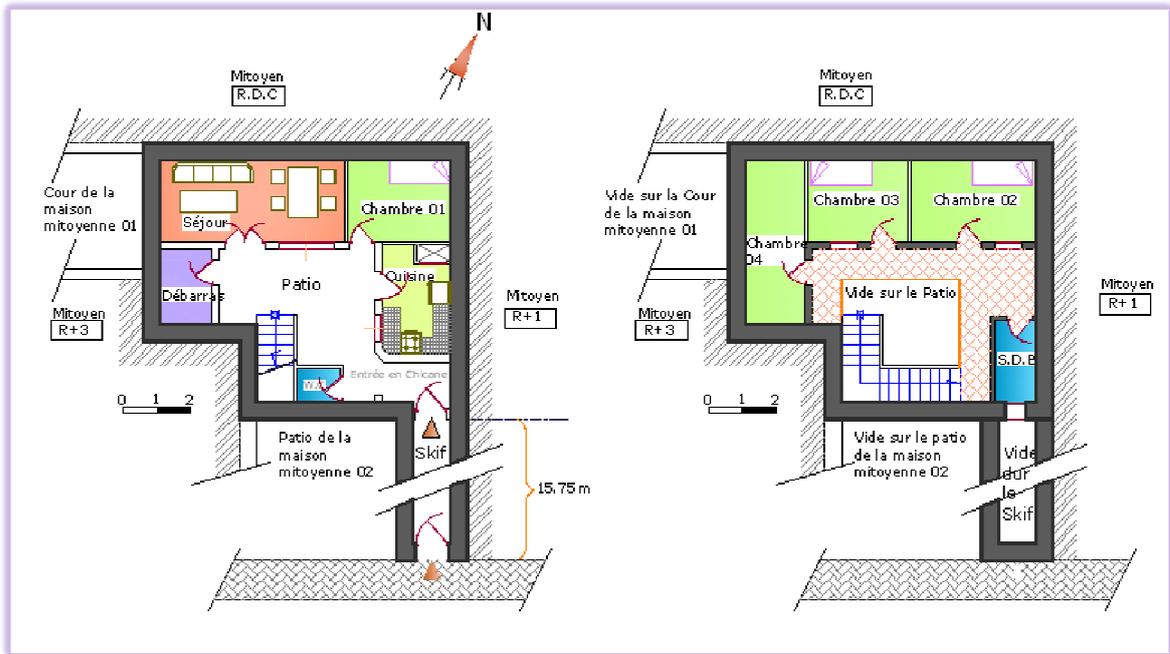


Figure-VII.14 : Plan R.D.C (à gauche), Plan 1<sup>er</sup> Étage (à droite), (Maison N°5)



Photos-VII.5 : vues sur le patio

paramètre :		caractéristique
d'ordre général	le tissu	Colonial
	type de maison	arabe
	Altitude par rapport à la mer	12 m
d'ordre géométrique	forme en plan	carré
	dimension	L= 4.5 m, l= 4.5 m, h= 6.8 m
	le ratio ( $R1=S/H_m$ )et le SSI ( $R2=h/l$ )	$R1= 1.90, R2=1.5$
	orientation	-
	position du patio	Intégré
	espace intermédiaire	galerie
	principe de fermeture/ouverture sur l'extérieur	introversion
d'ordre physique	couleur des parois+ pavage du sol	rose claire+blanc
	la végétation+l'eau	petites fleurs

Tableau-VII.6 : les caractéristiques du patio N°5

**VII.3.6-La maison N° 6 :** se localise dans le quartier bon marché, elle est de type arabe date des années soixante, se caractérise principalement par l'extraversion. Les pièces sont organisées tout autour du patio sauf le côté ouest où il est occupé par une cage d'escalier ouverte .La maison est composé d'un R.D.C et un étage. Le R.D.C comprend deux séjours, une cuisine, salle à manger et W.C salle de bain, l'étage est composé de 6 chambres, salle de bain et une terrasse.

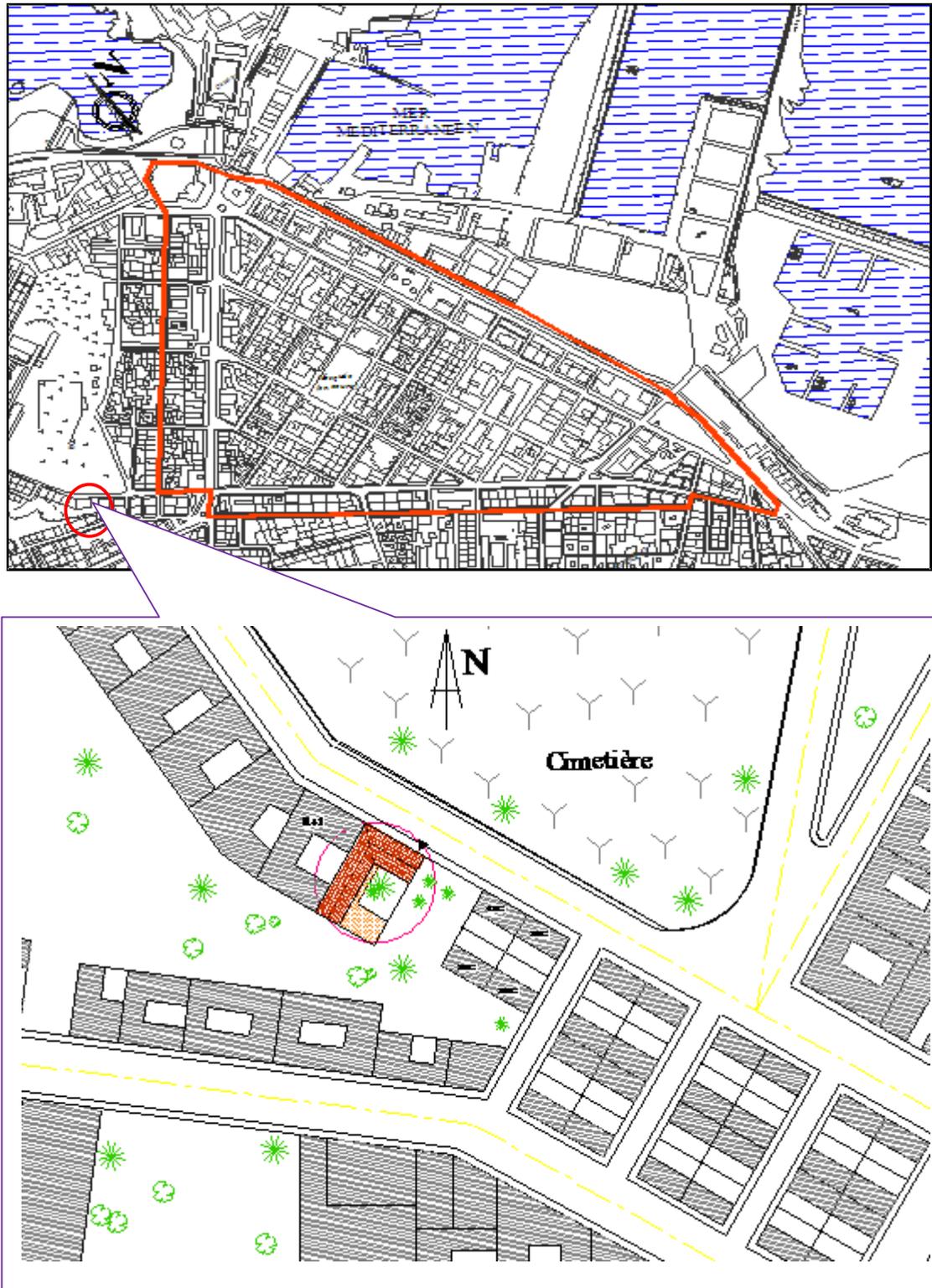


Figure-VII.15 : Situation de la maison n°6

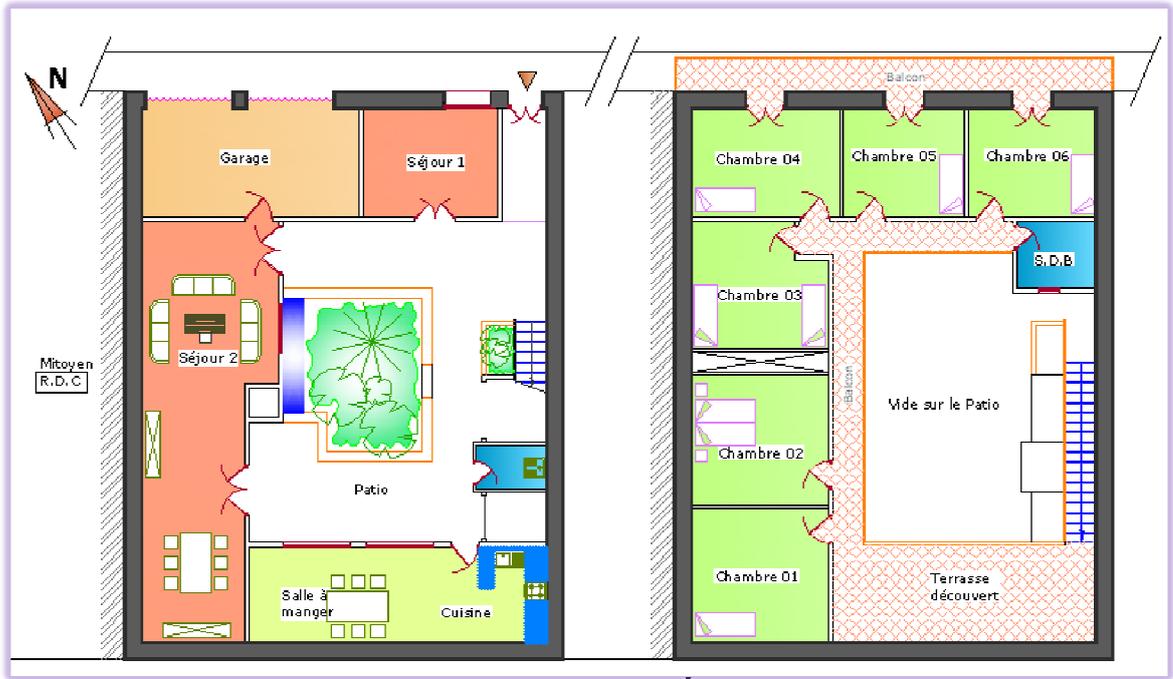


Figure-VII.16 : Plan R.D.C (à gauche), Plan 1<sup>er</sup> Étage (à droite), (Maison N°6)



Photos-VII.6 : vues sur le patio

**Le tableau suivant explique les différentes caractéristiques du patio :**

paramètre :		caractéristique
d'ordre général	le tissu	bon marché
	type de maison	arabe
	Altitude par rapport à la mer	21 m
d'ordre géométrique	forme en plan	rectangle
	dimension	L= 9.6 m, l= 7.8 m, h=6.7 m
	le ratio (R1=S/H <sub>m</sub> )et le SSI (R2=H/L)	R1= 13.40, R2=0.5
	orientation	nord- est /sud-ouest
	position du patio	Intégré
	espaces intermédiaire	galerie
d'ordre physique	principe de fermeture/ouverture sur l'extérieur	extravasion
	couleur des parois+ pavage du sol	blanc+beige
	la végétation+l'eau	des plantes différentes : des plantes grimpantes, bananier, citronnier Un aquarium

Tableau-VII.7 : les caractéristiques du patio N°6

**VII.3.7-La maison N° 7 :** La maison s'insère dans un contexte urbain plus ou moins dense, elle est de type colonial en (R+1), se situe dans le quartier bon marché à 130 m de la mer, elle se caractérise par : une forme rectangulaire allongée selon l'axe Nord-sud, le principe d'extraversion c'est-à-dire la présence des ouvertures qui donnent sur la rue, limitée par des mitoyens dans les trois cotés. Sur le plan architectural on a constaté l'absence de la décoration sur la façade principale.

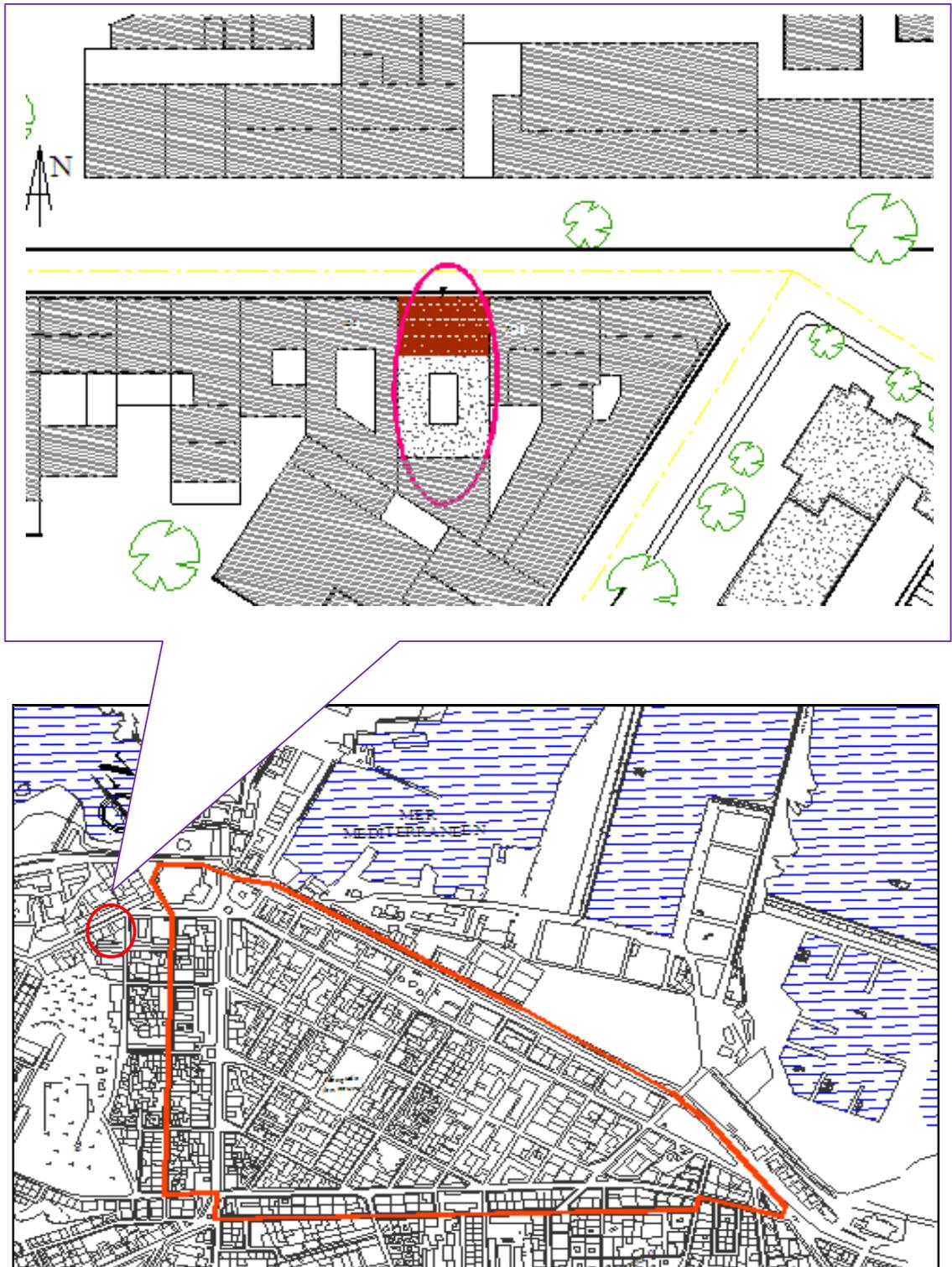


Figure-VII.17 : Situation de la maison n°7

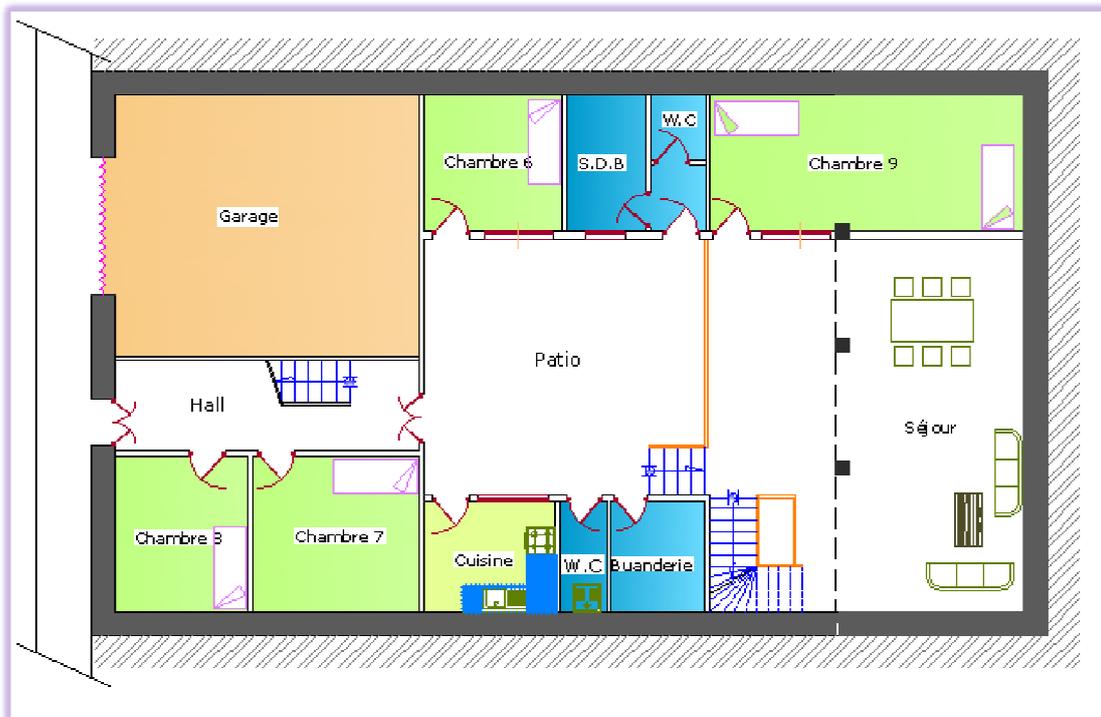
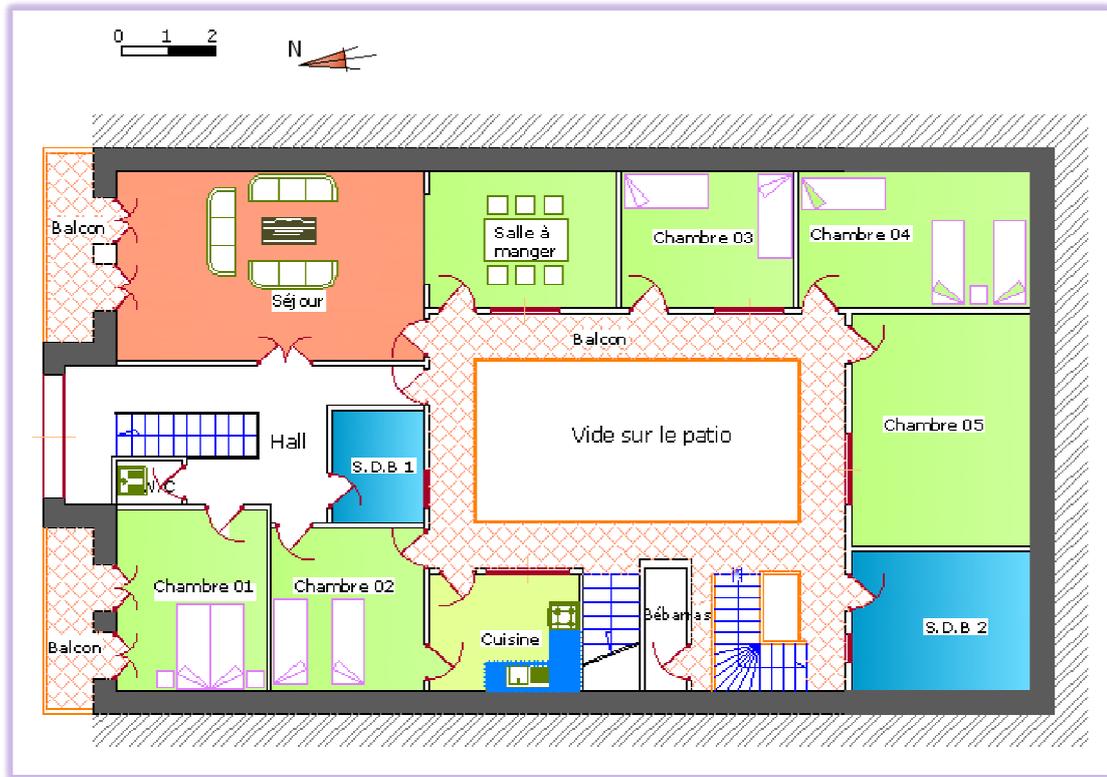
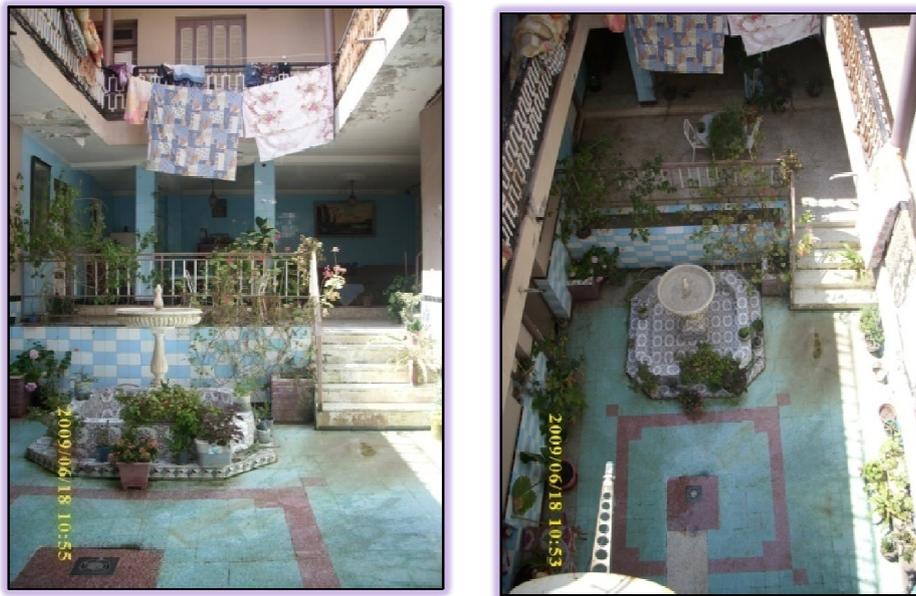


Figure-VII.18 : Plan R.D.C (en bas), Plan 1<sup>er</sup> Étage (en haut) , (maison N°7)



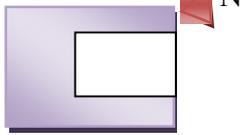
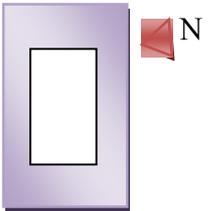
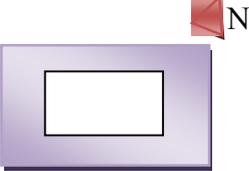
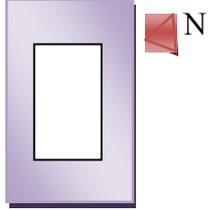
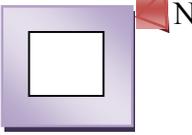
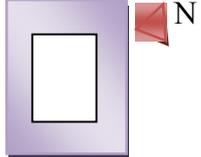
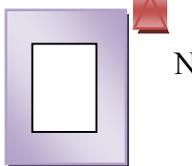
Photos-VII.7 : vues sur le patio

Le tableau suivant explique les différentes caractéristiques du patio :

paramètre :		caractéristique
d'ordre général	le tissu	bon marché
	type de maison	colonial
	Altitude par rapport à la mer	10 m
d'ordre géométrique	forme en plan	rectangle
	dimension	L= 9 m, l= 5.5 m, h=7 m
	le ratio ( $R1=S/H_m$ ) et le SSI ( $R2=H/L$ )	$R1= 2.5$ , $R2= 1.3$
	orientation	nord-sud
	position du patio	au centre
	espaces intermédiaire	galerie
d'ordre physique	principe de fermeture/ouverture sur l'extérieur	extravasation
	couleur des parois+ pavage du sol	bleu+rose claires
	la végétation+l'eau	une fontaine et des petites plantes autour d'elle.

Tableau-VII.8 : les caractéristiques du patio N°7

☛ **Tableau explicatif des différents cas étudiés :**

N° de la maison	Orientation	-SSI =H /L -Ratio S /Hm	Nombre D'étage	Caracteristique d'ouverture à l'exterieur	Schéma global
<b>M1</b> Rectangle	Nord-est / Sud-ouest	SSI =1 S /Hm =5.75	R+1	Introvertie :en RDC Extravertie : à l'étage	
<b>M2</b> Rectangle allongé	Nord-ouest / Sud-est	SSI = 0.23 S /Hm =13.45	RDC	Introvertie	
<b>M3</b> Rectangle	Nord-est / Sud-ouest	SSI = 0.8 S /Hm = 12.2	RDC	Introvertie	
<b>M4</b> Rectangle allongé	Nord-ouest / Sud-est	SSI = 0.4 S /Hm = 7.77	R+1	Extravertie	
<b>M5</b> Carrée	-	SSI = 1.50 S /Hm = 1.9	R+1	Introvertie	
<b>M6</b> Rectangle	Nord-est / Sud-ouest	SSI= 0.5 S /Hm =13.40	R+1	Extravertie	
<b>M7</b> Rectangle	Nord-sud	SSI= 1.3 S /Hm =2.5	R+1	Extravertie	

**Tableau-VII.9 : les cas étudiés**

Source : Auteur, 2009

#### VII.4-Présentation des appareils de mesures utilisés :

Les appareils de mesures utilisés pour le relevé bi horaire de température et de l'humidité relative intérieure et extérieure sont : Hygromètre HD, le Multi-Function Environment Meter DVM401, la centrale météo OTIO et THERMOTECH

##### ↻ Hygromètre HD 8501 H :

Hygromètre HD modèle 8501H est un instrument servant à mesurer la température et le taux d'humidité de l'air à l'aide d'une sonde. Par cet appareil on peut prendre des prélèvements de température allant de - 50 °C à +150 °C, et l'humidité de 5 jusqu'à 98% .



Photo-VII.8 : Hygromètre HD 8501 H

Source : Auteur, 18/09/2009 à 14h24

##### ↻ L'Environment Meter :

L'Environment Meter DVM401 mesure la température, l'humidité, l'éclairement et le niveau sonore. L'étendue de mesure de cet appareil est de (25-95% ) pour l'humidité et de (-20°C) jusqu'à (750°C) pour la température. Cet appareil mesure d'autre paramètre comme : le niveau d'éclairement avec un intervalle de (0-20000 lux), le niveau sonore (35-100db). On peut avoir la valeur maximale de chaque paramètre en cliquant sur le bouton vert.



Photo-VII.9 : L'Environment Meter DVM401.

Source : Auteur, 18/09/2009 à 14h20

### ↻ La centrale météo OTIO et THERMOTECH :

La centrale météo est composée d'un thermomètre hygromètre et un récepteur, ce dernier aide de lire les valeurs à distance. Cet appareil fait des mesures de température et d'humidité, il constitue ainsi un baromètre, un indicateur d'orage, une horloge et un calendrier. La plage de mesure : température :  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  jusqu'à  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , avec une précision de  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Humidité : de 0- 99%, avec une résolution de  $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**Photo-VII.10 : La centrale météo OTIO et THERMOTECH**

Source : Auteur, 18/09/2009 à 14h24

### VII.5-Précision des appareils de mesure et étalonnage :

Pour comparer les résultats de mesures effectués sur les sept maisons où on a utilisé plusieurs appareils avec des précisions différentes, il était indispensable d'étalonner les données enregistrées par la station d'acquisition **Ferhat Abbas** de Jijel. Pour assurer la fiabilité dans l'étude comparative, nous avons étalonné la température et l'humidité mesurées in situ par rapport aux appareils de la station météo de Jijel, cette dernière fait les prélèvements des paramètres physiques du climat selon les normes internationales.



**Photos-VII.11 : Abri de la station météorologique de Jijel.**

Source : Auteur, 13/09/2009 à 10h29.

La différence entre les valeurs était comme suit :

↻ **Température sèche de l'air :**

On a enregistré les plus grandes différences des températures entre nos instruments et l'appareil de référence sont cependant, celles de la centrale météo OTIO et L'Environment Meter, le premier instrument mesure moins que celui de l'abri de ( $\Delta T_a = -1,5^\circ\text{C}$ ), par contre l'Environment Meter fait un prélèvement plus que celle de la station par ( $+1,2^\circ\text{C}$ ). Ce qui concerne l'hygromètre HD, les écarts ne sont pas très élevés, ils atteignent une valeur de  $0,8^\circ\text{C}$ .

↻ **L'humidité relative :**

L'humidité relative enregistrée par l'Environment Meter et l'hygromètre HD ont des valeurs inférieures à celle de l'abri respectivement par 4%, 5,4%. La centrale météo OTIO enregistre un écart important par rapport aux deux autres appareils ( $\Delta HR = +6,00\%$ ).

Le tableau suivant explique les écarts de température et d'humidité entre nos appareils et de la station météo :

Paramètre	Station Météo	l'Environment Meter	La centrale météo OTIO	l'hygromètre HD
$\Delta T$	Référence	+1,2°C	-1,5°C	-0,8°C
$\Delta HR$	Référence	-4 %	+6 %	-5,4%

**Tableau-VII.10: Les écarts (température et d'humidité) entre les appareillages utilisés et les instruments de la station météo**

Source : Auteur, 2009.



**Photo-VII.12 : Étalonnage de l'instrument de mesures utilisé**

Source : Auteur, 13/09/2009 à 10h27

## VII.6-Conditions de déroulement des mesures :

Comme il a été mentionné, que les mesures étaient déroulées sur la période estivale, la méthode de campagne de mesure est basée sur des prélèvements simultanés des paramètres physiques dans les maisons afin de comparer la température et l'humidité moyenne dans les habitations. Mais il faut noter que vu la difficulté rencontrée dans la prises de mesures dans

les maisons choisies (malgré on a confirmé la date de prise de mesure), on n'a pas pu faire les prélèvements des mesures dans la même journée. Les journées sélectionnées sont : deux jours successif dans le mois de juillet et une journée dans le mois d'aout, étant donné que ces mois représentent la période la plus chaude pour le climat de Jijel (selon l'étude bioclimatique du climat de la région, voir annexe 2). La prise de mesure était sur plusieurs fois dans la journée afin d'évaluer l'allure de températures et d'humidité journalière.

La campagne de mesure a durée trois jours 27 au 28 juillet 2009 et 2 aout 2009.

Les mesures ont été faites dans tous les espaces intérieurs de la maison y compris le patio et la rue à 1,2 m au centre de chaque espace (un point ni trop proche de la fenêtre ni trop loin de celle-ci). On a suivi la même méthode pour le toutes les habitations. Le prélèvement des paramètres physiques a été fait dans les mêmes conditions pour toutes les maisons, selon l'horaire suivant :

**9h00** : les portes et les fenêtres (persiennes) sont de grandes ouvertes

**11h00** : les portes et les fenêtres (persiennes) sont de grandes ouvertes

**13h00** : les fenêtres du coté ouest sont fermé et les portes ouvertes+ (les rideaux externes), en ajoutant que le coté sud : les portes et fenêtres sont fermées.

**15h00** : les mêmes conditions que celle du 13h00, les ouvertures du coté ouest sont fermés+ (mettre les rideaux externes)

**17h00** : les portes et fenêtres sont de grandes ouvertes pour permette la ventilation et l'évacuation de la chaleur accumulée à l'intérieur

La figure suivante montre les points de prise de mesures dans la maison M2 :

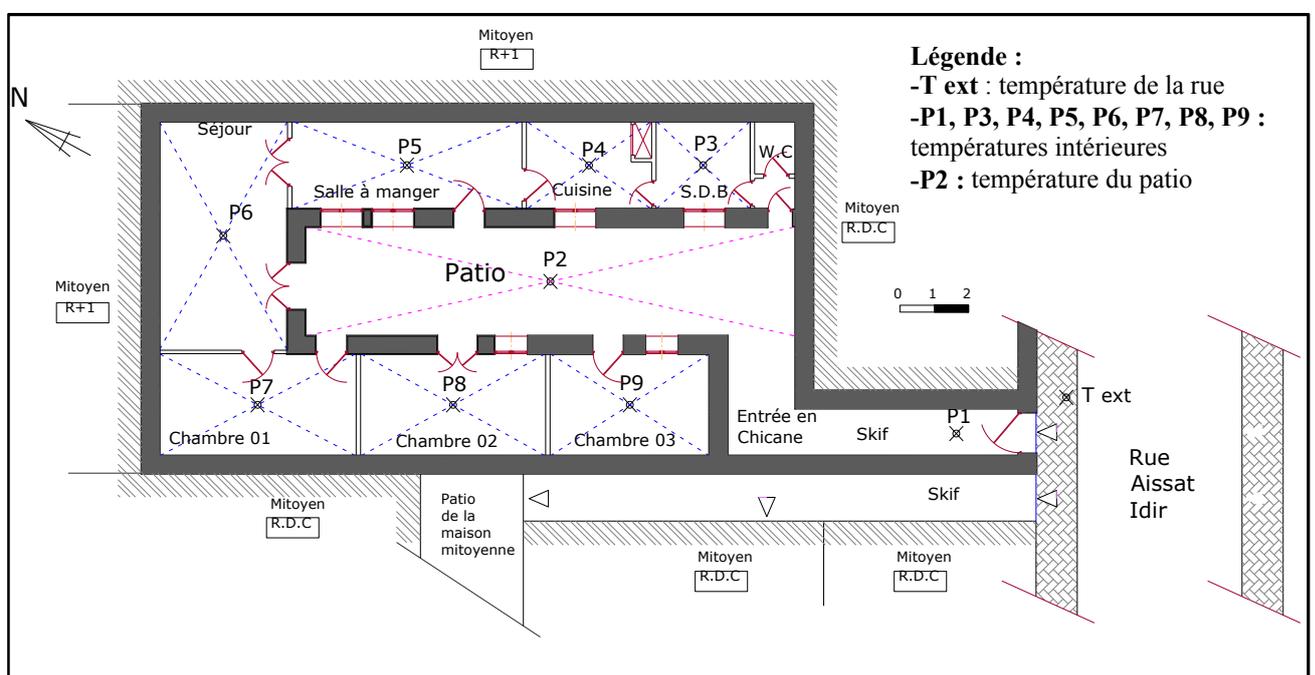


Figure-VII.19 : Schéma de prise de mesures (intérieures, du patio et de la rue).

Source : auteur, 2009

**Conclusion :**

Dans ce chapitre, on a présenté les différents tissus traditionnels dans la ville de Jijel. Après une recherche typologique sur site, le tissu colonial est l'exemple retenu. Ce dernier était l'objet d'une étude typo-morphologique des habitations de la période coloniale.

Les sept habitations choisies ont la même conception architecturale, le système constructif est un système porteur (en pierre), toiture en tuile, fenêtre d'une hauteur importante, la présence d'un patio...chaque maison a été traitée au niveau des paramètres suivants : générale, géométrique et physique.

Selon l'objectif de la recherche une campagne de mesures a été effectuée in situ, les échantillons représentatifs ont servi de support à l'analyse du comportement thermique, pour vérifier premièrement l'effet thermique du patio et deuxièmement dans le but d'analyser l'ensemble des réactions individuels des usagers.

La première évaluation concernera l'interprétation des mesures de températures et d'humidités indiquant la réponse thermique de chaque habitation, où les mesures ont été faites dans trois espaces différents. Pour bien définir les variations, ces données seront comparées aux données météorologiques et les mesures effectuées dans la rue.

Quant à la deuxième, il s'agit d'évaluer le degré de satisfaction des besoins de confort des usagers, et leurs ajustements comportementaux, végétatifs et techniques, une lecture comparative sera faite entre les cas étudiés, et cela à travers l'évaluation de l'environnement physique par les occupants et les réactions comportementales, physiologiques et technologiques.

## *Interprétation des résultats de l'investigation*

*« L'analyse montre la voie par laquelle une chose a été méthodiquement inventée et fait voir comment les effets dépendent des causes ».*<sup>1</sup> **René Descartes**

### **Introduction :**

Pour déterminer le comportement thermique des maisons, une comparaison a été effectuée entre les variations moyennes de la température et l'humidité relative intérieure et extérieure pour chaque maison, il s'agit aussi d'évaluer l'impacte de quelques paramètres géométrique sur le degré du confort thermique intérieur. Afin d'évaluer le degré de satisfaction en besoin du confort des habitants, on a fait un questionnaire selon une échelle de sensation, d'agrément et de préférence.

### **VIII.1-Evaluation de la température et l'humidité de l'espace intérieur :**

Pour comparer les résultats de mesures effectuées dans le mois de juillet et d'août 2009 pour les sept maisons, on a fait référence à la station météorologique Ferhat Abbas d'Achouat (Jijel). Les journées choisis sont 27, 28 juillet et 2 Août 2009, elles étaient non ventées, caractérisées par un ciel découvert. Seulement la journée de 28 juillet et 2 août étaient moins chaudes par rapport au 27 juillet, vu que le climat montre des variations dans la région de Jijel, les jours moins chauds suivent des jours chauds grâce à l'évaporation de l'eau de la mer. Les mesures ont été faites pour les maisons (M1, M2, M3) dans la journée du 27 juillet 2009, les maisons (M4, M5, M6) dans la journée de 28 juillet 2009, et finalement la maison M7 dans la journée du 2 Août.

---

<sup>1</sup> René Descartes, CD-ROM 12 dictionnaires indispensables

**VIII.1.1-Étude comparative de la température moyenne intérieure et extérieure :****VIII.1.1.1-Étude comparative de la température moyenne intérieure et extérieure pour : M1, M2, M3 :**

La lecture préliminaire du graphe montre que les températures moyennes intérieures dans toutes les maisons sont inférieures à celle de la température extérieure, avec des différences entre M1, M2, M3. La température moyenne intérieure maximale est remarquée à 15h00, tandis que pour la température extérieure maximale est enregistrée à 13h00, nous expliquons cela par l'effet de l'inertie thermique de la pierre.

L'écart maximal entre la température extérieure et intérieure est marqué à 13h00 de : 2.98, 1.86, 2.68°C respectivement pour M1, M2, M3. Alors que la différence minimale est observée à 9h00 de 1.15°C pour M1, et pour M2, M3 ont respectivement les valeurs de 0.23°C et 0.77 °C remarquées à 17h00, ce qui montre que l'augmentation de la température intérieure est relative à la quantité d'énergie absorbée pendant la journée vu que ces deux maisons sont composées d'un seul niveau.

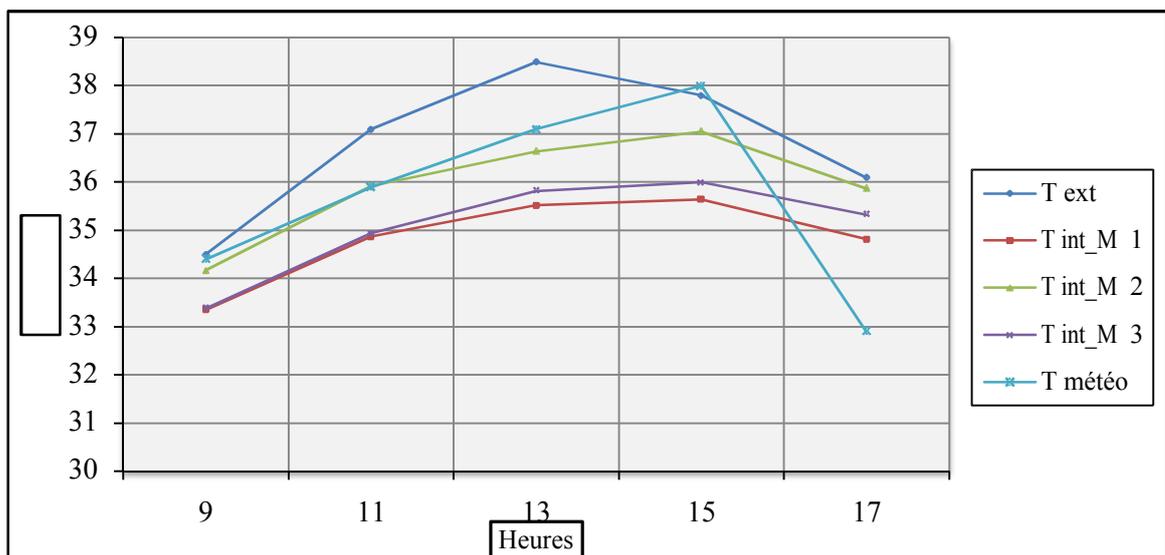
Les valeurs les plus importantes de température moyenne intérieure sont enregistrées dans la maison M2 vu que cette maison est composée d'un seul niveau allongée selon l'axe (N-O/S-E), mais on peut dire que cette orientation est selon l'axe N-S avec une déviation vers l'Ouest par un angle de 25°, mais aussi ce patio est peu profond ce qui engendre une augmentation de la surface ensoleillée. De ce fait, une grande surface de l'enveloppe interne exposée aux rayons solaires surtout sur les pièces donnant vers le côté Est et Ouest. Donc, une surchauffe très élevée et qui provoque bien sûr l'inconfort ( $T_m$  intérieure à 15h00 est de l'ordre de 37,05°C).

Par contre, on signale des températures moyennes intérieures les moins élevés pour le cas de M1. Cela explique l'effet combiné de la hauteur et l'orientation du patio sur la température intérieure de l'air (maison en R+1), avec une orientation N-E/S-O.

La courbe de la variation de la température intérieure de la maison M3 se situe entre la courbe de M1, M2. De 9h00 à 11h00, M1 et M3 prennent presque les mêmes valeurs, après cette période et avec l'augmentation de l'intensité des rayons solaires. M1 comporte d'une manière positive encore mieux que M3. Malgré la maison M3 est constitué d'un seul niveau ; elle est encore mieux que la maison M2, grâce à l'effet de l'orientation de la maison M3 selon l'axe (N-E/S-O : elle a une longue paroi orientée Nord). Le site naturel reste toujours plus frais que le milieu urbain sauf à 15h00 où les températures entre les deux sites sont presque égales. A 17h00, le site urbain a connu une diminution de la température mais pas de la même façon que celle du milieu naturel, ce dernier a vu une chute importante est environ 5°C (entre 15h00 et 17h00). Donc la température ambiante urbaine qui est supérieure à celle de

l'environnement naturel, et ce phénomène affecte aussi les ambiances thermiques intérieures.

D'une manière générale les maisons (M1 et M3) présentent un comportement thermique positif où on a trouvé des différences qui se rapprochent de 3°C entre les températures intérieures et les températures extérieures. Ces résultats sont en accord avec celui de Givoni (la température intérieure est moins que la température extérieure avec un rapport de 10 à 15%)<sup>2</sup>, étant donné que M2 ne répond pas à ce taux, donc elle comporte d'une manière négative vis-à-vis du climat.



**Graphe-VIII.1 : Variation bi-horaire des températures moyennes intérieures et extérieures (T ext, T météo, T int\_M1, T in\_M2, T int\_M3).**

#### VIII.1.1.2-Étude comparative de la température moyenne intérieure et extérieure pour : M4, M5, M6 :

Selon la journée de l'investigation, les profils des résultats de mesures dans les maisons M4, M5, M6 sont représentés sur le graphe-VIII.2. Des variations de valeurs apparaissent entre les températures moyennes intérieures et la température moyenne extérieure au niveau des trois maisons. Les températures les plus élevées sont enregistrées dans la maison M4 à 13h00 (33.11 °C), ceci s'explique par l'effet de la grande surface interne exposée aux rayons solaires car cette maison possède un patio très allongé (la longueur représente 4 fois la largeur) orienté selon l'axe (N-O/S-E). Ceci se justifie aussi par la présence de deux mitoyens en RDC ce qui augmente la surface externe exposée au soleil et donc cela c'est la source de surchauffe intérieure grâce à l'augmentation de la surface d'échange entre l'intérieur et l'extérieur.

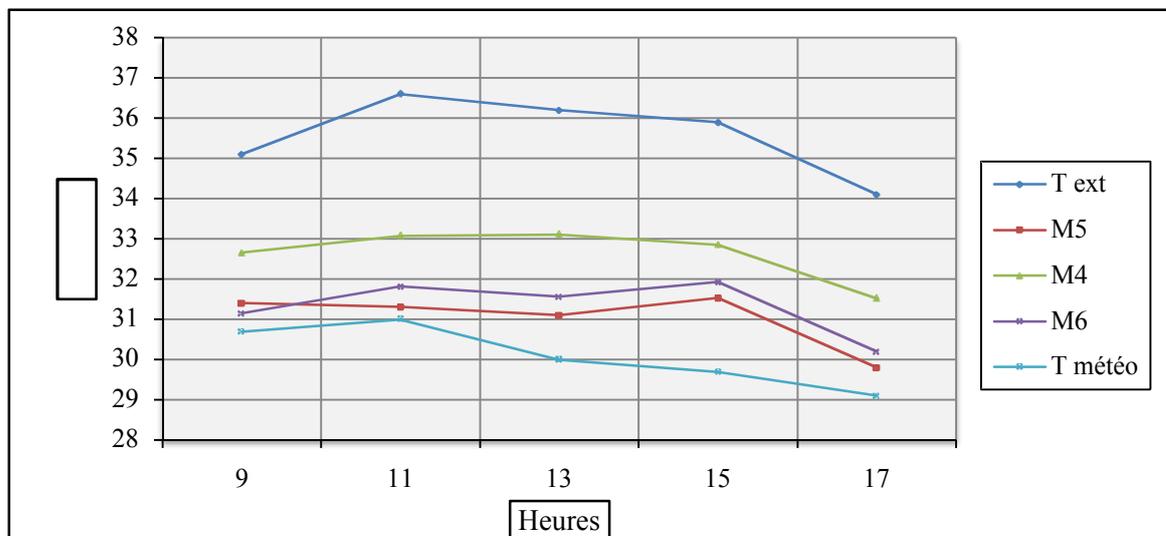
Les températures les plus faibles dans la même heure sont remarquées dans la maison M5 de 31.10 °C, causées d'une part par l'effet de la hauteur et d'autre part par l'effet du ratio car

<sup>2</sup> GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur; Paris, 1978. p : 323

cette habitation possède le plus petit taux d'ouverture au ciel de 1.9, ce qui donne un ombrage maximal par rapport aux autres patios. Donc une différence de températures moyenne entre M4 et M5 est de 2,01°C. La température dans la maison M6 reste presque stable entre 11h00 jusqu'à 15h00 puis on remarque la chute de la température moyenne intérieure vers 17h00 pour atteindre une valeur de 30.20°C.

La différence entre les températures de la rue et la météo revient à la différence entre les deux sites, le premier urbain et le deuxième naturel, c'est l'effet du microclimat. Ainsi, on peut déduire que l'allure est la même, seulement il y a des écarts qui se varient entre maximum et un minimum de 4.4 et 6.2°C observés respectivement à 9h00 et 13 h00.

Ces différences sont très perceptibles par rapport à la journée 27 juillet, ce qui confirme que le site urbain garde une certaine inertie thermique alors que le milieu urbain connaît un changement très remarquable selon les conditions climatiques.



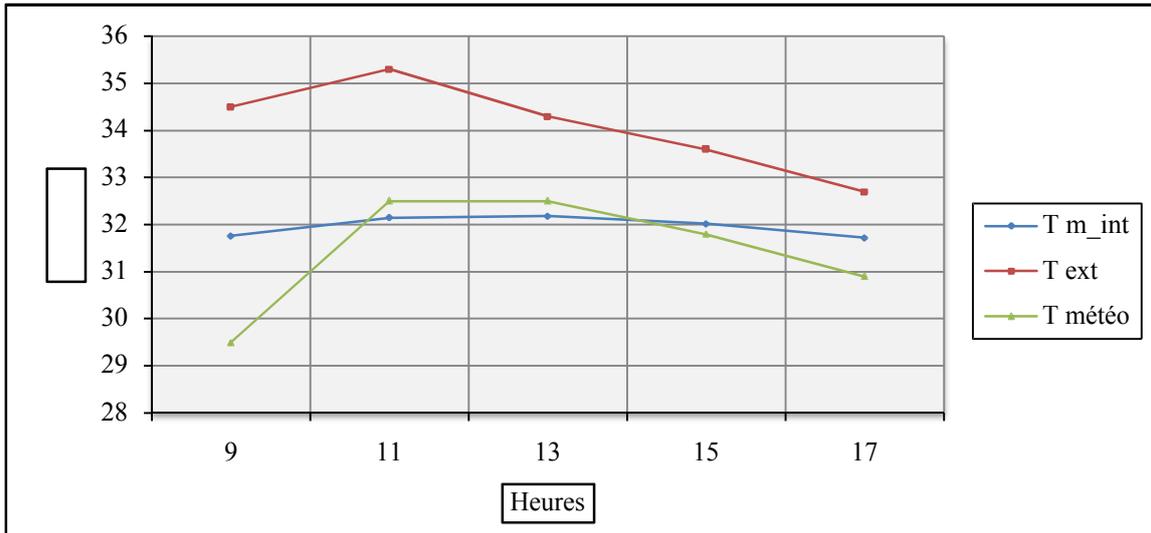
Graphique-VIII.2 : Variation bi-horaire des températures moyennes intérieures et extérieures (T ext, T météo, T int\_M4, T in\_M5, T int\_M6).

### VIII.1.1.3-Étude de la température moyenne intérieure et extérieure pour : M7

Pour la maison M7, on a fait seulement le prélèvement des températures des espaces habités (Étage) car le RDC est inoccupé et il n'appartient pas à la même famille.

C'est le même cas pour les températures mesurées dans la rue et les températures météo, il fait plus chaud en ville qu'en périphérie. On signale un écart de 1.8°C à 5°C.

La température moyenne intérieure (Tm\_int) est plus faible que la température extérieure, cette différence entre les valeurs intérieures et extérieures est très importante vu que cette maison possède un ratio petit (SSI), donc l'habitation est plus ou moins protégée ; elle offre encore une allure stable, le maximum est signalé à 13h00 de 32.18°C et la température minimale est observée à 17h00 de 31.72 °C. L'écart le plus important est observé à 11h00 entre la température intérieure et celle de la rue avec une valeur de 3.15°C.



**Graphe-VIII.3 : Variation bi-horaire des températures moyennes intérieures et extérieures (T ext, T météo, T int\_M7).**

### VIII.1.2-Étude de l'écart de température moyenne intérieure et extérieure :

La soustraction des températures extérieures (Météo) à celles des températures moyennes intérieures permet d'apprécier l'écart de température entre l'intérieure et l'extérieure. Le confort thermique est plus ressenti lorsque cet écart s'éloigne du zéro en valeurs négatives.

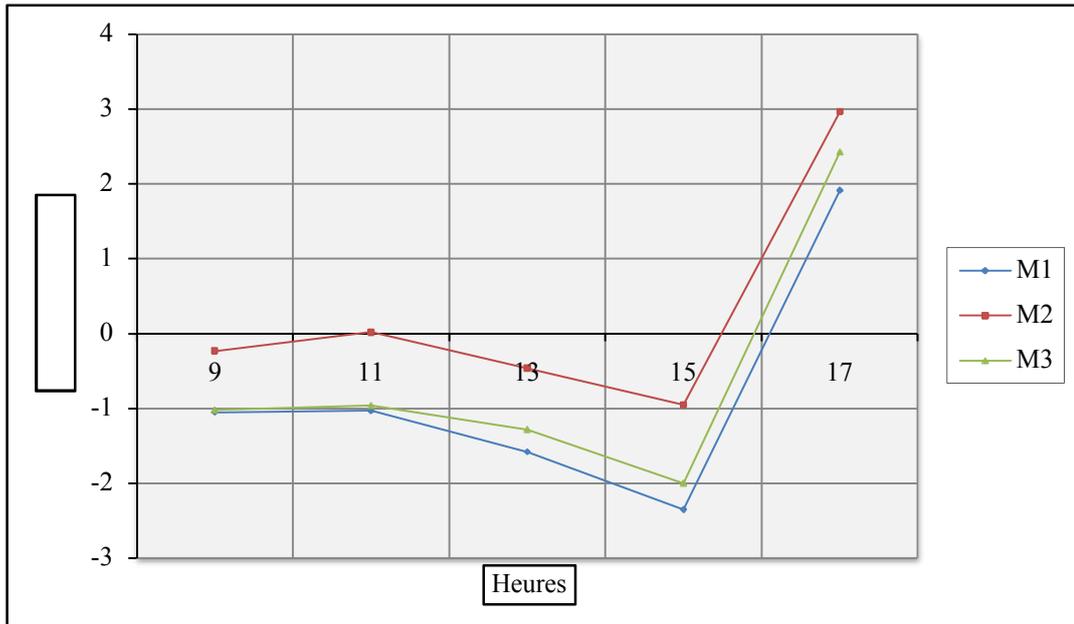
#### VIII.1.2.1-L'étude des résultats de 27 juillet :

Dans cette journée on a fait les mesures pour les trois maisons suivantes : (M1, M2, M3). Le graphe suivant montre leurs comportements thermiques, d'une manière générale les trois habitations ont les mêmes allures avec un comportement thermique positif entre (9h00 – 16h00), après 16h00, l'écart sera positif causé surtout par l'effet des apports solaires et qui sont pénétrés d'une manière directe ou indirecte à travers les murs. Aussi à signaler que les écarts ne sont pas les mêmes.

On a enregistré un écart négatif important pour la maison M1 de (-2,35°C) enregistré à (15h00) où la température extérieure est la plus élevée. Et les deux maisons M2, M3 ont respectivement les valeurs 0,95 et 2°C.

Cette différence dès les premières heures de la journée ne dépasse pas le 1°C, dû aux apports internes produits pendant la nuit et grâce à l'ouverture des portes et les fenêtres pour les travaux de ménages.

Encore, d'après ce graphe on peut classer les trois maisons selon leurs comportements thermiques comme suit : la maison (M1) représente le cas le plus favorable, ensuite, la maison (M3) avec une ambiance médiane par rapport à M1 et M2, et enfin la maison la plus défavorable est M2.



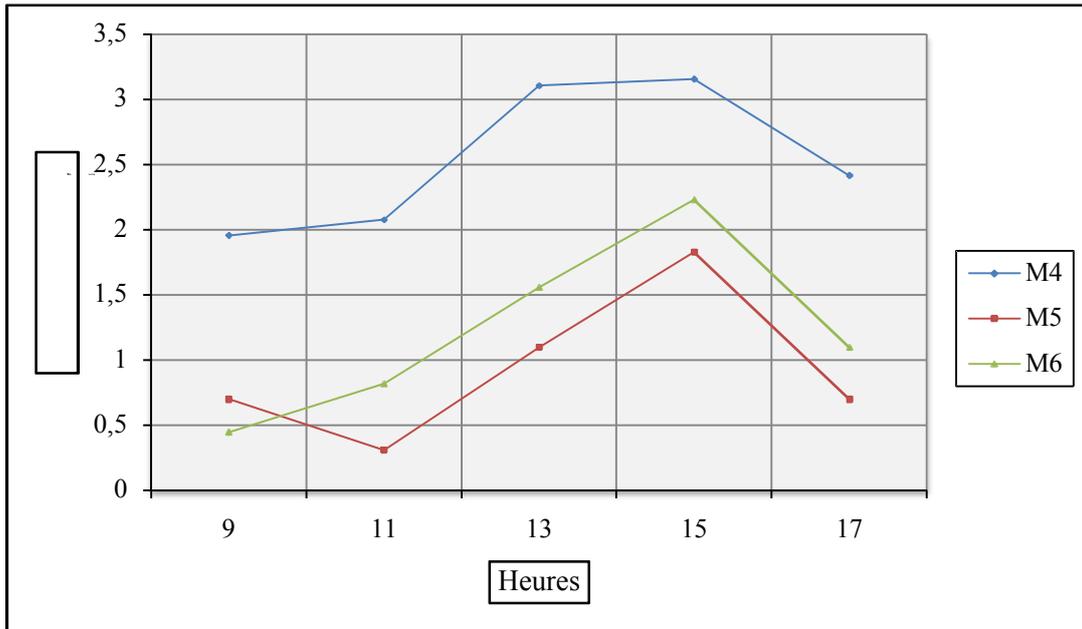
**Graphique-VIII.4 : Écart de températures moyennes bi-horaires intérieures et extérieures (M1, M2, M3).**

#### VIII.1.2.2-L'étude des résultats de 28 juillet :

La journée du 28 juillet est moins chaude que la journée de 27 juillet, de ce fait ces trois maisons ne comportent pas d'une manière positive malgré leur hauteurs dépassent les (6 m). L'allure générale des trois maisons comporte presque de la même manière avec des différences dans les valeurs. La plus favorable est la maison M5 (patio type puits), à 9h00 on remarque un écart positif de l'ordre de  $0,7^{\circ}\text{C}$  exprimant un apport énergétique supplémentaire non évacué grâce à la géométrie de ce patio, alors que l'écart minimale est signalé à 11h00 de  $(+0,31^{\circ}\text{C})$ . Au delà de cette heure on remarque que les écarts augmentent progressivement pour atteindre un maximale à 15h00 avec une valeur de  $1,83^{\circ}\text{C}$ . Après on remarque une diminution grâce à un abaissement de la température ambiante extérieure.

La maison M4 est la plus défavorable par rapport à M5 et M6 avec des écarts qui dépassent les  $2^{\circ}\text{C}$ , la valeur maximale est observée à 15h00 ( $3,16^{\circ}\text{C}$ ). La courbe des écarts de l'habitation M6 se situe entre les autres maisons, où la différence entre la température moyenne intérieure et la température météo a connu une augmentation depuis le matin pour arriver à une valeur maximale à 15h00 ( $2,23^{\circ}\text{C}$ ) et ensuite on observe une chute importante pendant le soir ( $1,1^{\circ}\text{C}$ ). En notant que la forme des courbes dans les habitations M5 et M6 est presque identique.

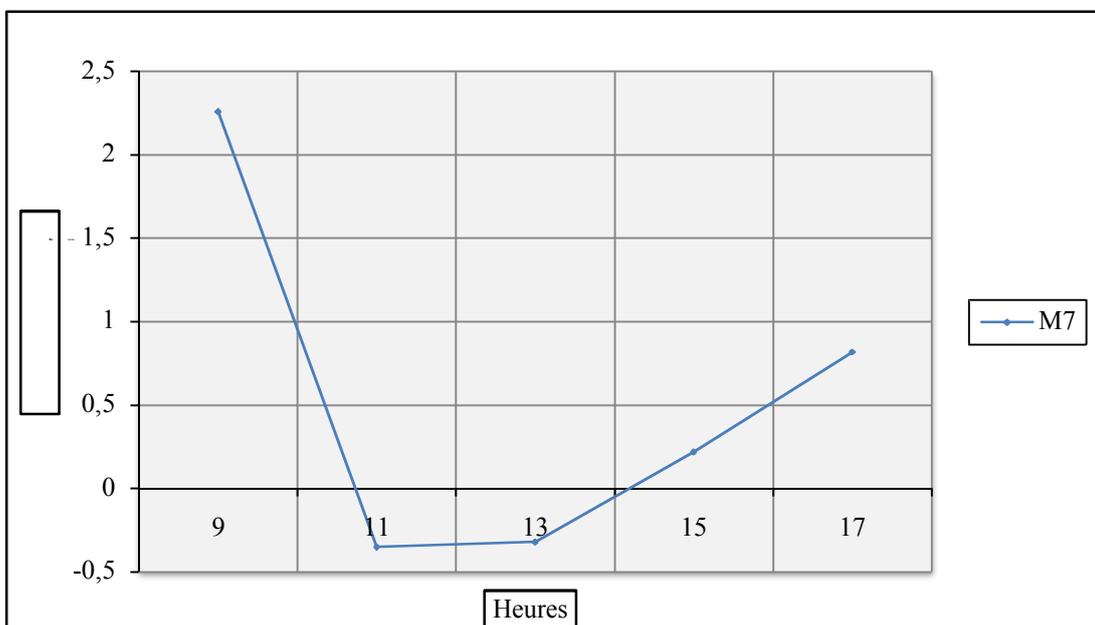
D'après cette analyse, on peut classer les trois maisons du plus favorable à moins favorable comme suit : la maison (M5) est la plus favorable, la maison (M6) occupe une situation intermédiaire, la maison (M4) représente l'habitation la plus défavorable.



**Graphe-VIII.5 : Écart de températures moyennes bi-horaires intérieures et extérieures: M4, M5, M6.**

**VIII.1.2.3-L'étude des résultats de 2 Août :**

Cette maison montre un comportement thermique positif entre 11h00 à 14h00. De 9h00 à 11h00 un écart important entre les températures extérieures et intérieures, par exemple à 9h00 l'écart est de 2.26°C, cela est dû au fait qu'il y a des charges internes non évacuées. Après 14h00 on remarque encore une fois que l'écart est positif c'est-à-dire que la température intérieure est supérieure à celle de l'extérieur car l'étage est très exposé (des mitoyens avec un seul niveau).



**Graphe-VIII.6 : Écart de températures moyennes bi-horaires intérieures et extérieures (M7)**

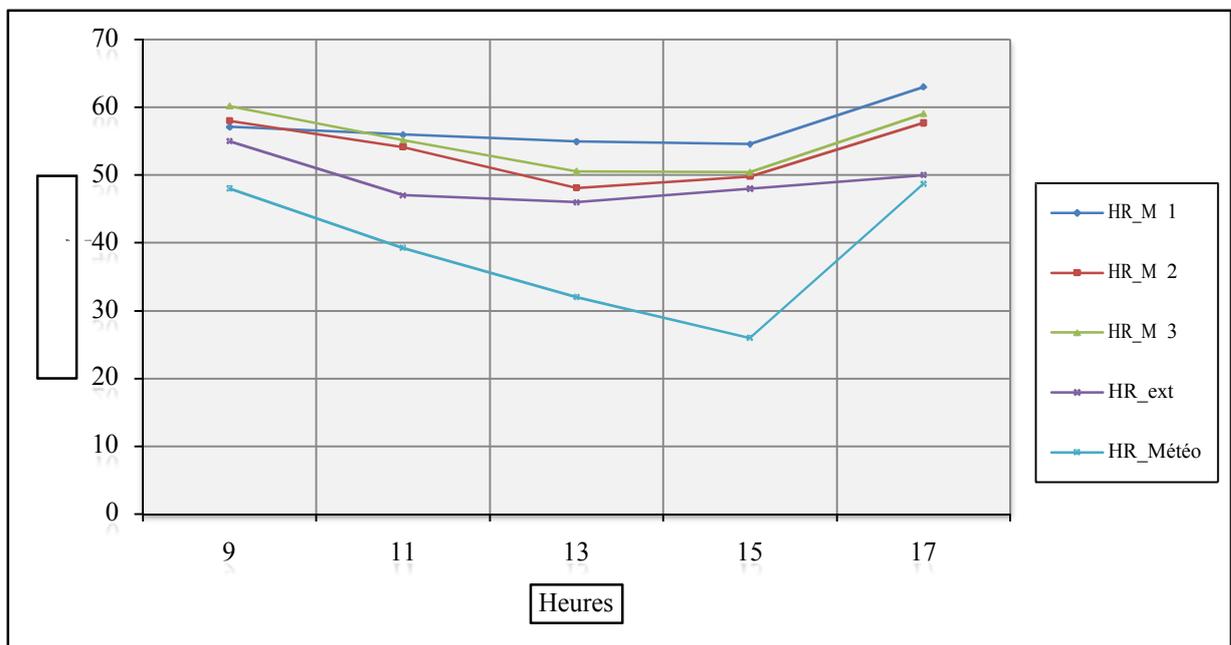
### VIII.1.3-Étude comparative de l'humidité moyenne intérieure et extérieure :

#### VIII.1.3.1-Étude comparative de l'humidité moyenne intérieure et extérieure pour : M1, M2, M3 :

Les humidités relatives internes sont élevées par rapport aux humidités extérieures (figure VIII.7). Le minimum de l'humidité relative interne est de 48.14% atteint à 13h00 pour M2, celui de l'extérieur est de 46% à la même heure. En fin de journée, l'humidité d'air enregistrée dans les trois habitations s'accroît, le maximum est de 63 % atteint à 17h00 pour M1, alors que celle de l'extérieur est de 55% enregistrée à 9h00.

On a enregistré toujours des écarts élevés à partir de 11h00 entre les valeurs d'humidité relative extérieure et intérieure (9% pour M1). Ce qui explique que la maison M1 se comporte d'une manière positive, tandis que les deux autres prennent la même forme, mais on signale une différence moyenne de 1.54 % entre M2 et M3.

Ce qui est important à noter c'est que l'humidité dans le milieu urbain présente une certaine stabilité par rapport à celle de la station météo. On a enregistré une différence de 7% comme une valeur minimale à 9h00 et une valeur maximale de 22% à 15h00.



Graphique-VIII.7 : Variation bi-horaire de l'humidité relative moyenne intérieure et extérieure (M1, M2, M3).

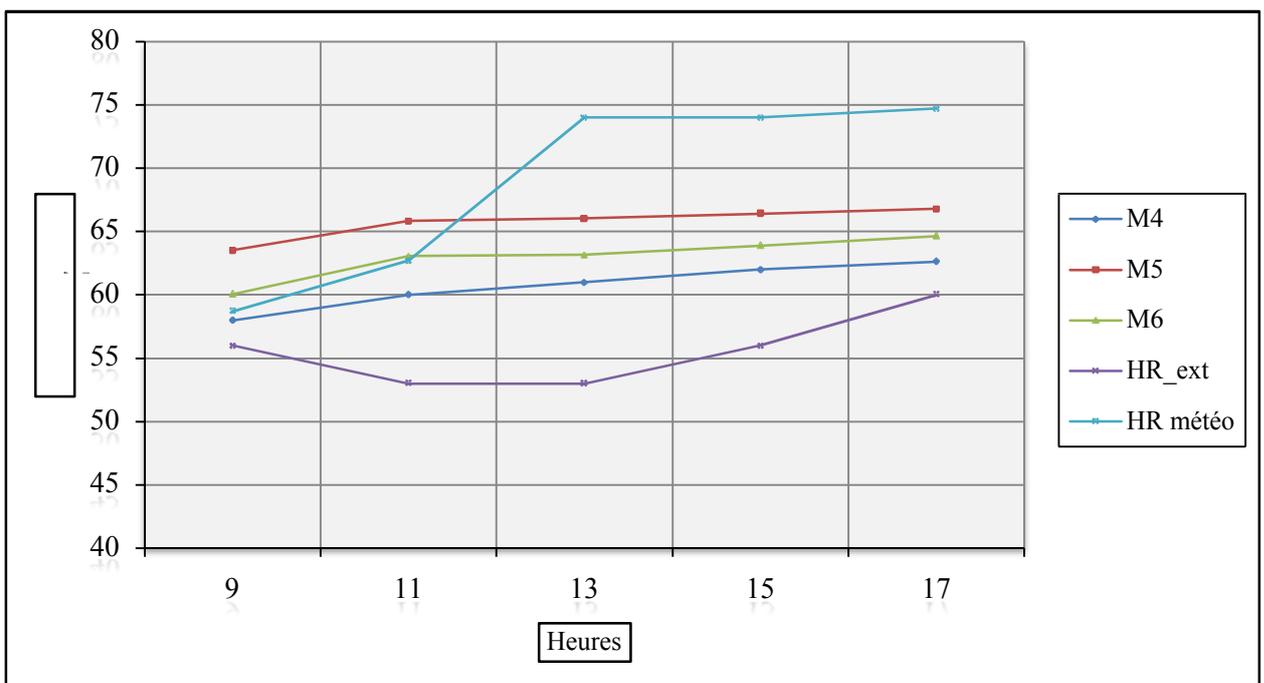
#### VIII.1.3.2-Étude comparative de l'humidité moyenne intérieure et extérieure pour : M4, M5, M6 :

Les valeurs de l'humidité relative dans toutes les maisons sont plus élevées que celles enregistrées dans la rue. Les courbes de l'humidité pour (M4, M5, M6) présentent une augmentation légère durant toute la journée. Les valeurs minimales sont prises dans la maison

M4 (la maison la plus allongée). En ce qui concerne l'humidité enregistrée à la station météo est caractérisée par une élévation importante surtout pendant la période de 11h00 jusqu'à 13h00.

Entre 9h00 et 11h00, on observe une chute de l'humidité relative extérieure, après 11h00, on remarque l'augmentation progressive où elle atteint son maximum à 17h00 de 60%. La différence entre le maximum et le minimum est de 7% (un taux considérable).

D'une manière générale, le taux d'humidité relative intérieure est relativement stable avec un écart entre le minimal et le maximal de : 4.59, 4.62, 3.3% respectivement pour M 6, M 4, M 5. D'après le graphe, la classification des maisons selon le taux de l'humidité moyenne intérieure où on passe du taux le plus élevé vers le moins élevé est la suivante (M5, M 6, M 4).



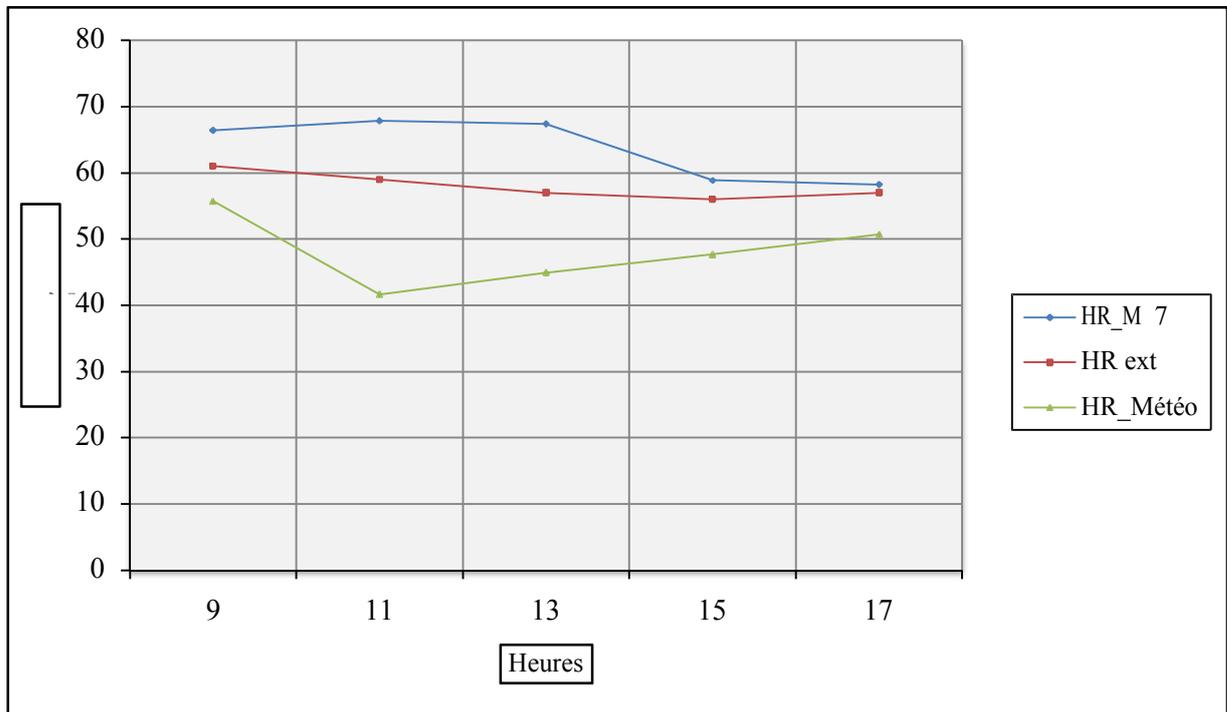
**Graphique-VIII.8 : Variation bi-horaire de l'humidité relative moyenne intérieure et extérieure (M4, M5, M6)**

### VIII.1.3.3-Étude de l'humidité moyenne intérieure et extérieure pour : M7

On a trouvé dans tout les cas étudiés que l'humidité extérieure est plus faible que l'humidité intérieure. Cela revient à la nature des revêtements dans un milieu urbain : goudron, pavage salé, le manque d'espace vert...qui provoquent une grande absorption des apports solaires et la réémission des radiations de grandes longueurs d'ondes. Dans ce cas aussi on remarque que l'humidité enregistrée au niveau de la rue est plus basse que l'humidité moyenne intérieure.

De 9h00-13h00, l'humidité intérieure est plus ou moins stable, on remarque une différence légère de 1%, à partir de 13h00 l'humidité diminue pour atteindre un minimum de 58.27% (ce taux est observé à 17h00). Ce qui est important à marquer, la chute brusque de l'humidité

revient au piégeage de la chaleur à l'intérieur de la maison parce que le taux d'ouverture du patio n'est pas important (2.50). Pour l'humidité extérieure on remarque une diminution progressive jusqu'au 15h00 où on remarque un taux de 56%, au-delà de cette période on signale une augmentation légère de 1%.



Graphique-VIII.9 : Variation bi-horaire de l'humidité relative moyenne intérieure et extérieure (M7).

### VIII.2-Évaluation de l'environnement intérieur par les occupants (l'évaluation des ambiances):

Nous allons maintenant évaluer l'environnement intérieur du point de vue des occupants en se basant sur leurs réponses sur les questionnaires. Donc on va faire la liaison entre les paramètres physiques ressentis par les usagers et les comportements et les interactions pour lutter contre une ambiance thermique chaude, de ce fait, il faut comprendre l'équation : **individu-habitat-paramètre physique** c'est-à-dire **l'ambiance**.

L'estimation subjective des sensations est normalisée sur la base de 3 questions essentielles : l'une relative à *la sensation*, l'autre à *l'agrément* et la troisième à *la préférence*. Ce sont les combinaisons logiques des réponses aux questions posées qui permettent de décider ou non du confort thermique.

On a aussi tiré les informations en ce qui concerne le comportement des gens dans leurs maisons selon les différentes ambiances de la journée pendant la période chaude et la période moins chaude. Les résultats de l'ensemble des questionnaires sont représentés dans les figures : 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20.

## VIII.2.1- Évaluation de l'environnement physique par les occupants :

### VIII.2.1.1-Évaluation de la température de l'air :

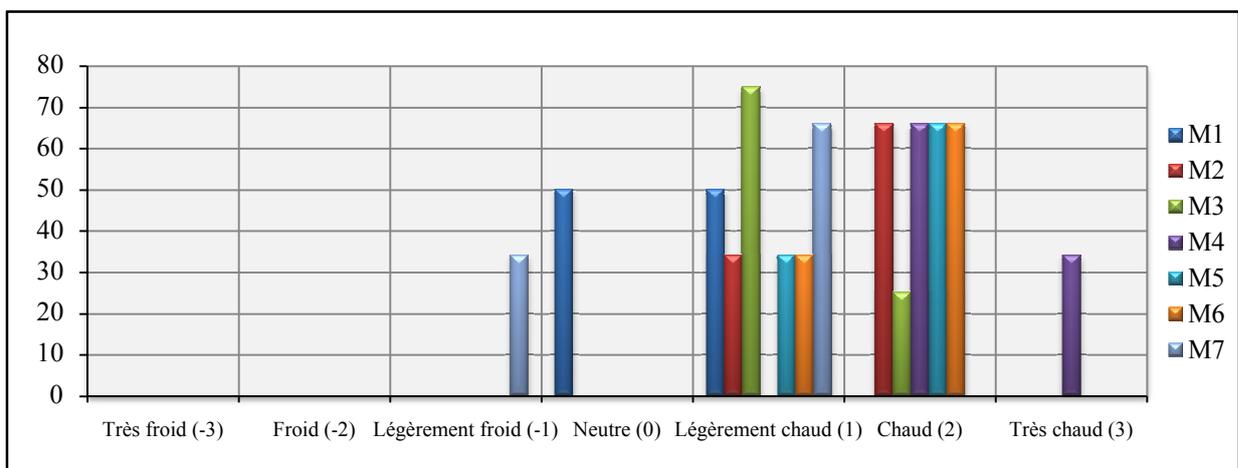
D'après l'analyse bioclimatique de la ville de Jijel on a signalé que la zone de surchauffe s'étend sur un intervalle temporelle de 10h00 à 18h00, de ce fait, on a bien distingué entre les réponses dans la période de surchauffe et la période moins chaude (elle s'étend au delà de la zone de chauffe). En plus, le nombre des occupants n'est pas le même dans les maisons, c'est pour ça on a fait un pourcentage pour chaque type de réponses.

#### VIII.2.1.1.1-Évaluation de la température de l'air durant la période moins chaude :

Le graphe (VIII.10) représente la distribution des réponses des occupants selon les échelles suivantes : de sensation, d'agrément et de préférence dans les sept maisons. On constate que la distribution des réponses se regroupent vers le coté des sensations : légèrement froid, neutre, légèrement chaud, et d'une manière asymétrique par rapport à la sensation neutre. Ce qui signifie qu'au-delà de la zone de chauffe on trouve une sensation de confort ou proche de celui-ci. D'après ce graphe on remarque aussi :

➤ Les occupants de la maison (M1, M3 et M 7) répondaient d'une manière positive vis-à-vis du climat intérieur, pour M1 on observe 50% de sensation neutre, les sensations légèrement chaudes sont respectivement comme suit : 50%, 75%, 66%.

Ce qui concerne l'échelle d'agrément, plus de 50% des occupants des trois habitations déclarent que c'est acceptable (M1 :100%, M3 : 50%, M7 : 50 %), leurs préférences étaient d'être dans un climat un peu plus froid et d'autre ne veulent aucun changement (M1, M3).



**Graphe-VIII.10 : La distribution du vote de sensation vis-à-vis de la température pour la période moins chaude**

➤ Les sujets de la maison M5 déclarent que le climat est chaud, les réponses sont réparties entre légèrement chaud (34%) et chaud (66%), cela signifie que la chaleur est encore stockée à l'intérieur de la maison, l'agrément des occupants est selon les deux critères suivants : légèrement inacceptable (66%) et inacceptable (34%), leurs désirs étaient d'avoir un peu plus froid (34%) et plus de froid (66%) (voir annexe 6).

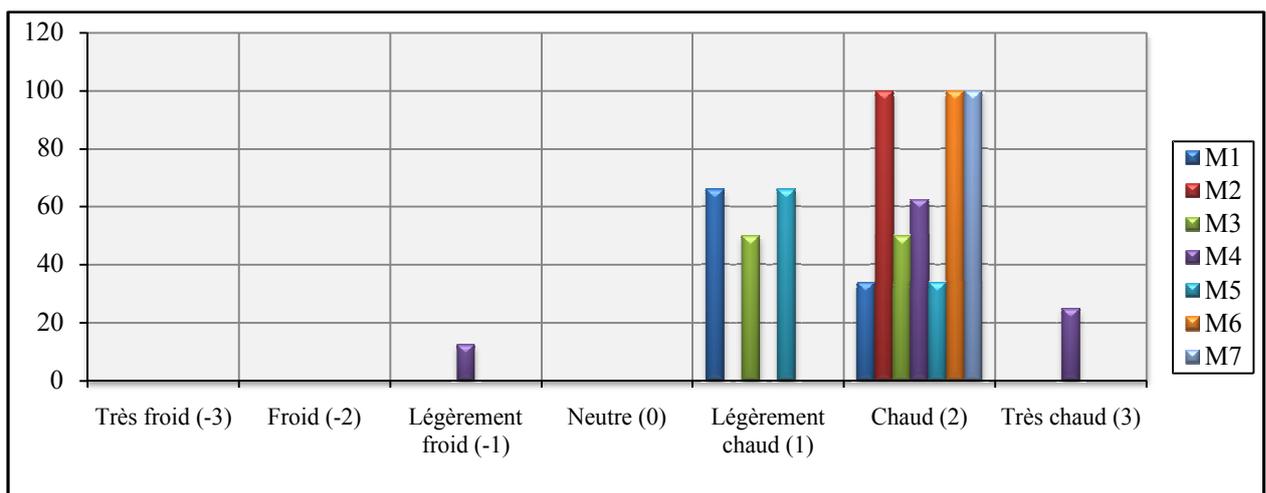
➤ La maison M2 est moins confortable, 66% ont la sensation de chaud, et le reste sentaient une chaleur légère. Un pourcentage de 66% a un niveau d'agrément légèrement inacceptable et (34%) inacceptable. Dans ce type d'ambiance, les gens aiment d'avoir plus de froid (un peu plus de froid et plus de froid).

➤ Pour la maison M4 un pourcentage de 34% représente la sensation de très chaud et 66% indique la sensation de chaud. La maison reçoit une grande quantité d'énergie pendant la période diurne car elle possède une configuration très allongée et donc elle est très exposée au soleil. Malgré cela les usagers déclarent que le climat est acceptable (34% ) et les autres sentaient que l'ambiance est légèrement acceptable (66%). Leurs demandes sont d'avoir un plus de froid (66%) et 34% désirent d'avoir beaucoup plus froid.

➤ 66% des occupants de la maison M7 déclarent que l'environnement intérieur est légèrement chaud, et légèrement froid de 34%. 50% des usagers déclarent que le climat est acceptable 25% pour la sensation légèrement inacceptable et 25% pour le vote inacceptable. Selon l'échelle de préférence (50%) des usagers demandent une ambiance plus froide.

**VIII.2.1.1.2-Evaluation de la température de l'air durant la période chaude :**

D'après le graphe VIII.11, on observe le déplacement des colonnes vers la sensation de chaud, il y a quelques sensations de légèrement froid, légèrement chaud et très chaud. Pour les maisons : M2, M6, M7, on remarque que les membres de toutes les familles trouvent que le climat est chaud (100%). Pour M1 n'est pas le cas, il y a un pourcentage de 66% qui sont pour le vote légèrement chaud, et seulement 34% considèrent que l'ambiance thermique est chaude. Aussi, les votes des usagers de la maison M 3 se repartaient entre légèrement chaud et chaud avec une valeur égale. Les votes des sujets de la maison M5 sont repartis entre légèrement chaud (66%) et chaud (34%). Dans l'habitation M4, les usagers ont une diversité de sensation de légèrement froid, chaud et très chaud avec des pourcentages différents, où on signale le maximum de 62.5% de vote pour la sensation chaud.



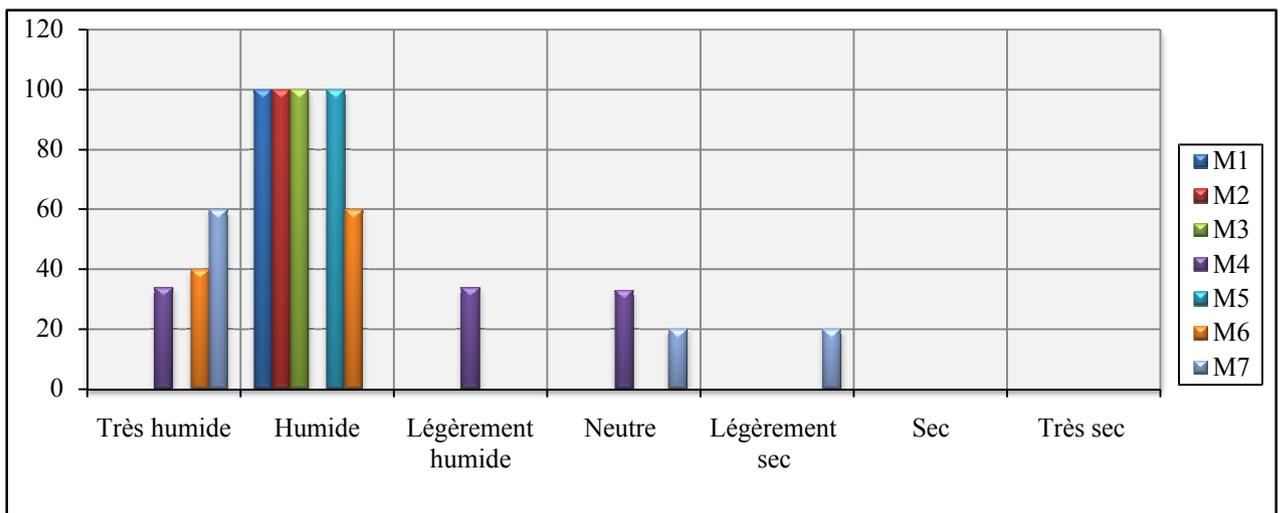
**Graphe-VIII.11 : La distribution du vote de sensation vis-à-vis de la température pour la période chaude**

Seulement les occupants des maisons M1, M 5 et M6 ont donné des jugements acceptables sur le climat intérieur respectivement : 75%, 66%, 25%, avec un pourcentage faible de 12.5% pour la maison M4. Dans le reste des maisons, les gens estiment que l'ambiance est légèrement inacceptable ; M7 :75%, M6 : 50%, M3 : 50%, M5 : 34%, les votes inacceptables sont remarqués dans les habitations : M2 : 66%, M3 : 50%, M4 : 62.5%, M1 : 25%. Et finalement on a signalé des taux de 34%, 25% respectivement pour les deux maisons (M2 et M4) où les sujets étaient très inacceptables de cette ambiance chaude pendant 10h00 du matin jusqu'à 18h00 du soir.

Dans la période de surchauffe, la plupart des occupants de ce type de maisons déclarent que l'ambiance thermique intérieure est chaude, quelque soit son degré et à cause des sensations précédentes la majorité aime d'avoir plus du froid, donc durant cette période les sensations froides sont mieux acceptées. On a trouvé un taux très important de (100%) où les usagers préfèrent les sensations froides (pour les maisons avec un seul niveau), cela confirme l'efficacité de la hauteur du patio sur le confort thermique intérieur.

**VIII.2.1.2-L'humidité de l'air-occupants :**

**VIII.2.1.2.1-Évaluation de l'humidité durant la période moins chaude :** La majorité des sensations dans toutes les habitations confirment que le climat intérieur est humide, on a un taux de 100% pour les maisons M1, M2, M3 M5 et 60% pour M6. Le vote très humide est remarqué dans les maisons M4, M6, M7 respectivement avec les pourcentages suivants : 34, 40, 60%. Cela confirme que l'humidité est élevée quelque soit la forme et l'orientation de l'habitation et ceci est dû à l'effet d'évaporation de l'eau de mer qui est très élevée dans la zone d'étude à cause de sa proximité de la mer. Par ailleurs, on constate des votes de légèrement humide à légèrement sec, 34% des sujets de la maison M4 déclarent que c'est légèrement humide, 33% neutre. Pour la maison M7, 20% pour la sensation neutre et de même pour la sensation légèrement sèche.



**Graphes-VIII.12 : La distribution du vote de sensation vis-à-vis de l'humidité pour la période chaude**

De ce fait, la majorité des sujets des maisons (M2, M5, M3, M6) trouvent que l'ambiance est inacceptable et préfèrent d'avoir moins d'air humide, ce qui confirme que le vent est stable et ce qui rend le climat intérieur étouffant (le caractère introverti de ces maisons sauf M6). De ce fait, on remarque un nombre important des occupants souhaitent d'avoir moins d'air humide.

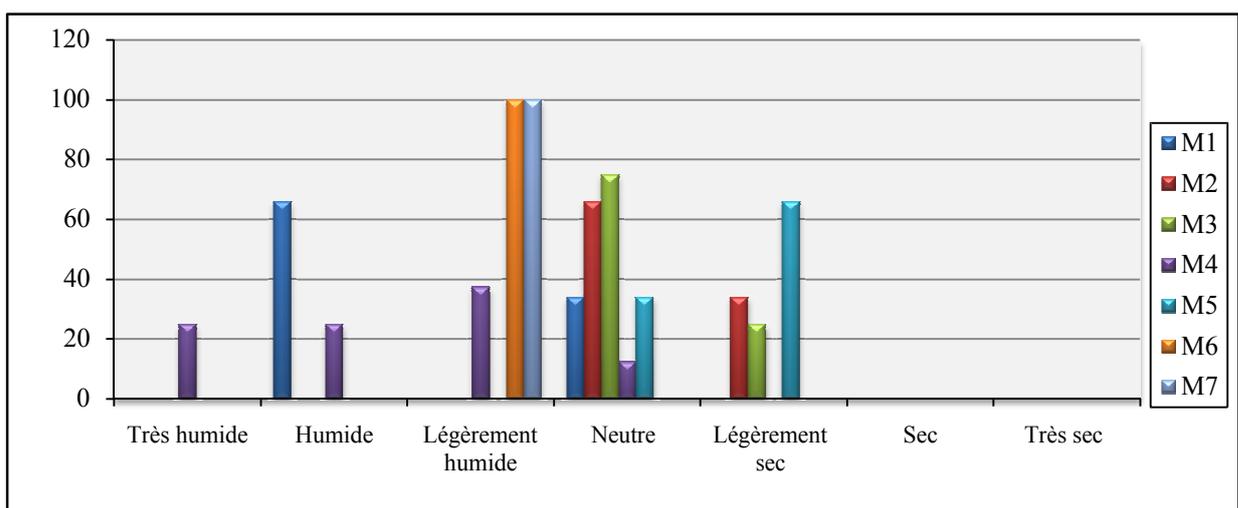
**VIII.2.1.2.2-Évaluation de l'humidité durant la période chaude :** Le taux de l'humidité est souvent très réduit par rapport à la première période déjà analysée et ceci est dû à la température de l'air très élevés pendant cette période, on signale des estimations de 66% (M1) et 25% (M4) de la population qui considère que le climat est humide. Aussi, on note 25% des sujets de la maison M4 qui déclarent que l'environnement thermique est très humide.

Ce qui concerne les votes légèrement humides sont très réponsus dans les deux habitations M6, M7 où on signale un rapport de 100% et M4 de 37,5 %.

Pour la maison M2 et M3, la sensation thermique est globalement neutre. Alors que pour M1 et M5 seulement 34% des sujets qui déclarent que l'ambiance est neutre vis-à-vis de l'humidité. La sensation légèrement sec est observée au niveau des maisons (M2, M3, M5) respectivement avec les taux suivants 34, 25, 66%.

De ce fait, leurs agréments se limitent surtout dans les deux votes : acceptable et légèrement inacceptable. La moitié des sujets de (M2 et M3) estiment que l'humidité intérieure est acceptable. Et de 33%, 37.5% respectivement pour M1 et M4.

Pour la sensation légèrement inacceptable est observée à 100% pour les habitations M5 et M7, et de 25%, 25%, 34%, 50% respectivement pour les maisons M4, M2, M1, M3. Les autres évaluations se distribuent entre inacceptable et très inacceptable. Alors que leurs préférences étaient d'avoir moins d'air humide ou sans changements. 100% de la population de M6 et M7 aiment d'avoir moins d'air humide, aussi que tout les usagers de M2 et M5 ne préfèrent aucun changement.

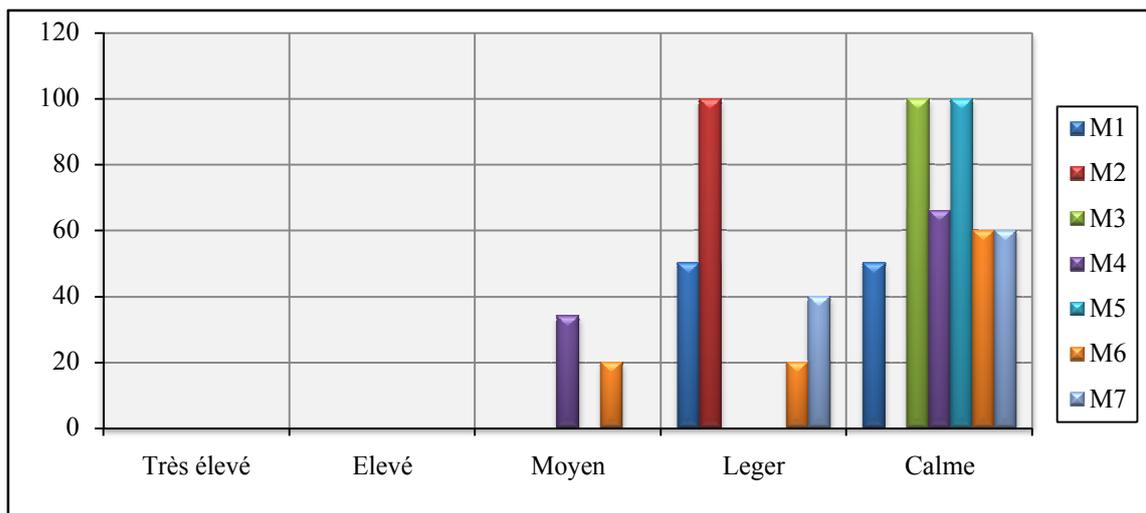


Graphe-VIII.13 : La distribution du vote de sensation vis-à-vis de l'humidité pour la période chaude

### VIII.2.1.3-Vitesse de l'air-occupants :

#### VIII.2.1.3.1-La vitesse de l'air durant la période moins chaude :

D'une manière générale les occupants trouvent que le mouvement de l'air est calme (100% pour M3 et M5 et 60% pour M4). Les autres considèrent que le mouvement de l'air est léger surtout pour les sujets de la maison M2. Leurs évaluations étaient légèrement acceptable et acceptable (voir annexe 6), seulement une partie de la population de M4, M5, M6 sentaient que le climat est inacceptable où on signale un taux maximal au niveau de la maison M5 (80%). Pour les votes de préférence, les sujets aiment avoir plus de mouvement d'air dans leurs maisons (100% de la population des maisons M1, M2, M3 et M6).



Graphe-VIII.14 : La distribution du vote de sensation vis-à-vis de la vitesse de l'air pour la période moins chaude

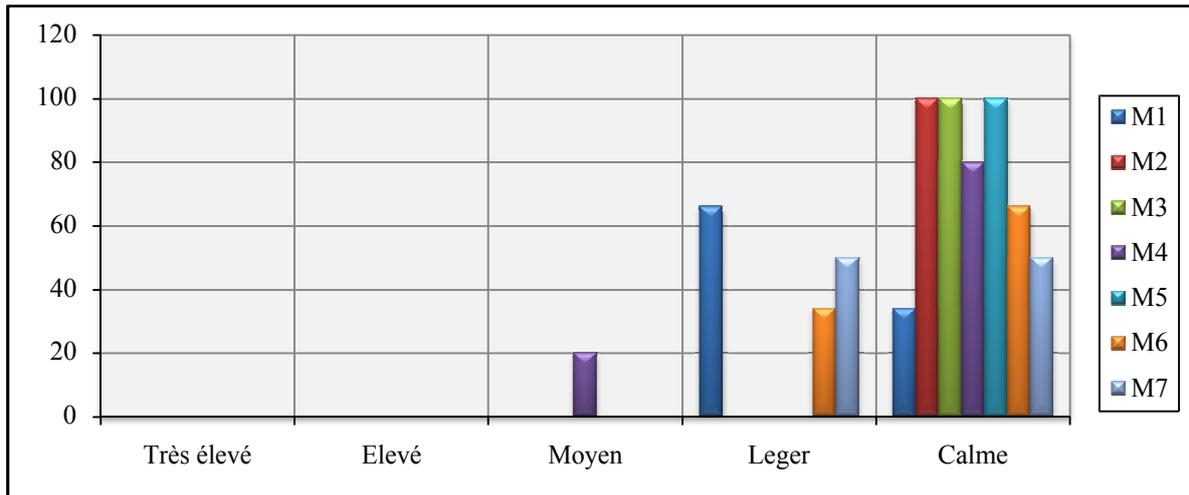
#### VIII.2.1.3.2-La vitesse de l'air durant la période chaude :

Pour les votes de sensations des usagers dans cette période, on remarque que les mêmes constats restent valables, d'après les utilisateurs, l'ambiance intérieure vis-à-vis de l'air est calme. Mais avec des pourcentages plus grands par rapport à la période moins chaude car cette fois le problème est plus grand (une ambiance sans mouvement de l'air, des températures au-delà des seuils du confort et un climat humide).

La majorité considère que l'ambiance est calme sauf quelques sujets de la maison M1 (66%), M7 (50%) et M6 de (34%) sentaient qu'il y avait une vitesse légère de l'air, encore 20% de la population de M4 déclarent que le mouvement de l'air est moyen.

De ce fait, une grande partie des réponses portées sur les évaluations inacceptables ou légèrement inacceptables. La majorité des participants dans ce questionnaire désirent d'avoir plus de courant d'air avec une légère préférence pour la réponse sans changement.

D'une manière générale, nous constatons une préférence plus importante pour le choix plus de courant d'air pendant la période estivale.



**Graphe-VIII.15 : La distribution du vote de sensation vis-à-vis de la vitesse de l'air pour la période chaude**

## VIII.2.2-Les réactions comportementales, physiologiques et technologiques :

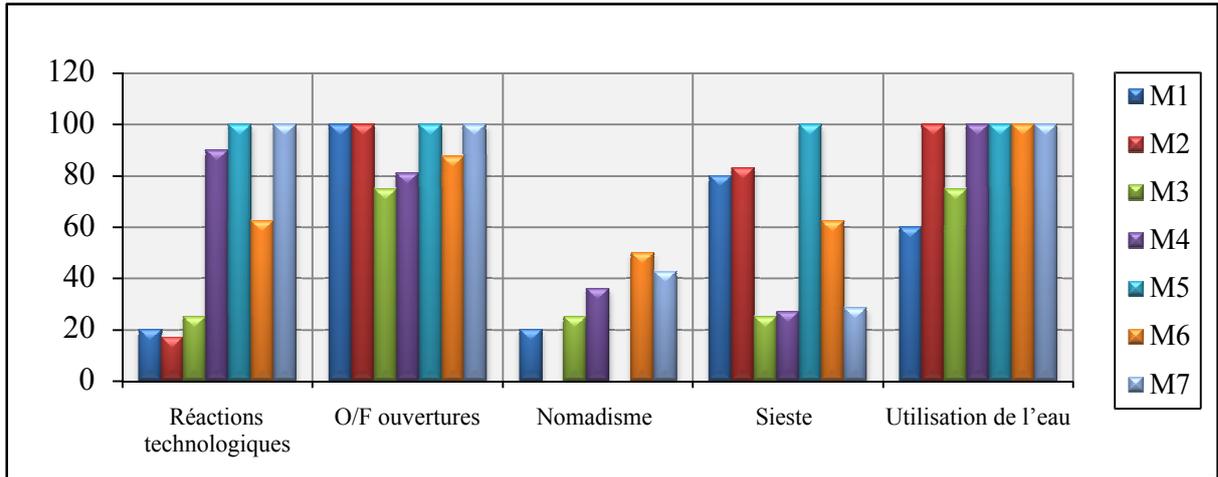
### VIII.2.2.1-Les réactions comportementales et technologiques :

La lecture du graphe (VIII.16), fait ressortir que les réactions les plus répondues sont portées sur les ouvertures y compris les protections comme les rideaux intérieurs et extérieurs (ouverture, fermeture) avec les pourcentages suivants : 100, 100, 75, 81, 100, 87.5, 100% respectivement pour les maisons : M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7. Ces taux expliquent que la stratégie de protection est la plus utilisée durant la période estivale pour combattre contre la chaleur. La fermeture concerne, généralement, la période de 11h00 à 18h00 alors que l'ouverture concerne le matin pour renouveler l'air et le soir pour déstocker la chaleur accumulée pendant la période de surchauffe journalière.

La deuxième réaction la plus manifestée d'après le graphe, est l'utilisation de l'eau, où les usagers utilisent de l'eau sous plusieurs formes (boisson, douche, déplacer à la plage) pour avoir une certaine fraîcheur, et cela avec un taux de 100% sauf les sujets de la maison M1 (60%) et M3 (75%). La sieste aussi, représente l'une des principales réactions pour lutter contre une ambiance thermique chaude. En signalant des différences entre les occupants des sept maisons, où le pourcentage maximal est enregistré au niveau de la maison M5 (100%) et le minimal est de 25% pour la maison M3.

Pour le nomadisme est le moins fréquenté dans toutes les habitations, c'est-à-dire le déplacement des usagers d'un espace à un autre est très peu important par rapport aux autres types de réactions comportementales (le maximum est signalé au niveau de M6).

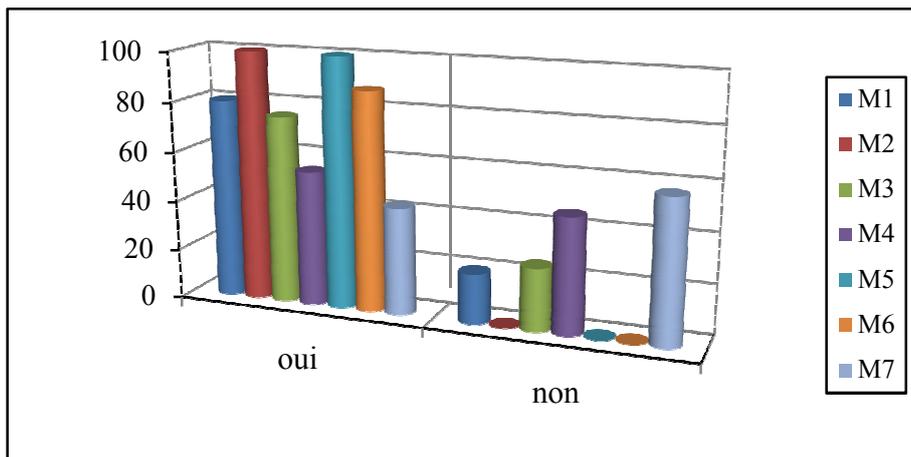
Ce qui concerne les réactions technologiques, c'est-à-dire l'usage de l'un des instruments actifs pour le refroidissement. On remarque que cette réponse est très observée chez les occupants de M4, M5, M6 et M7 (le maximum est signalé au niveau de M5 et M7 à 100%, le minimum à M2 de 17%).



Graph VIII.16 : Les réactions comportementales et technologiques

VIII.2.2.2-Les réactions physiologiques (sueur) :

D'après la lecture du graphe (VIII.17) on peut déduire que la majorité de la population testée sentait de la sueur sur la peau, le pourcentage minimal est remarqué au niveau de la maison M7, alors que le maximum est au niveau de l'habitation M2 et M5. Cela explique l'effet de la ventilation sur les sensations des usagers, car la vitesse de l'air favorise l'évaporation de la sueur. Et de ce fait, ce phénomène minimise le taux d'humidité de l'air.

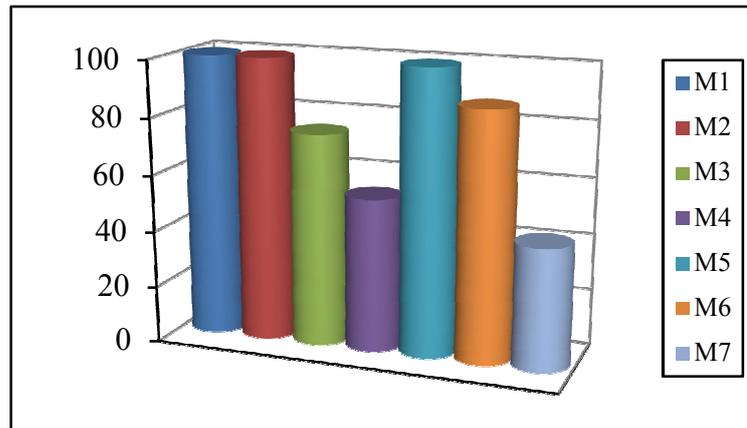


Graph VIII.17 : Réaction physiologique

En se basant sur les réponses des sujets qui sont représentées dans le graphe (VIII.18), leurs évaluations sont concentrées vis-à-vis de la présence de la sueur sur la gêne, mais avec des différenciations nuancées.

Les interviewés décrivent leurs gêne engendrée par la sueur en qualifiant la situation de : gênante : (100 %) pour M1, M2 et M5 et pour les habitants M6, M3, M4, M7 avec les valeurs suivantes : 87.5, 75, 54, 42.85 %.

Donc, le malaise engendré par la sueur représente un problème très remarquable chez les sujets dans les maisons étudiées, et si on combine ce graphe avec celui de l'humidité et la vitesse de l'air, on conclura que ces réponses sont logiques.



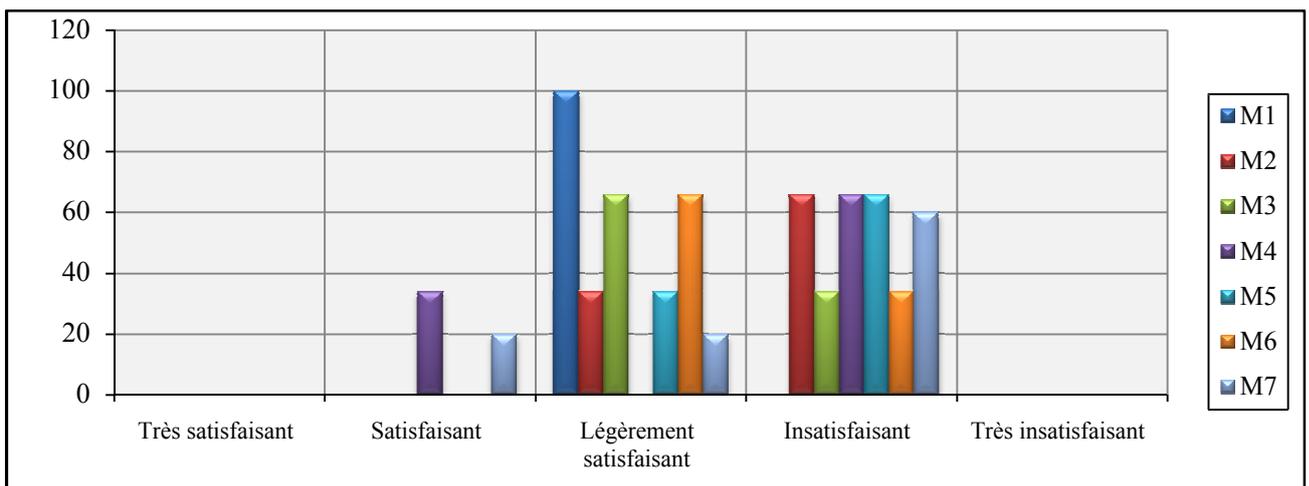
Graphe-VIII.18 : La gêne vis-à-vis de la sueur

**VIII.2.3-Évaluation de l'agrément vis-à-vis de l'ambiance globale :**

**VIII.2.3.1-Évaluation de l'agrément de l'ambiance globale durant la période moins chaude :**

En tenant compte de tous les paramètres étudiés ci-dessus (température, humidité, vitesse de l'air), l'ambiance globale dans cette période est caractérisée par les sensations : légèrement satisfaisante et insatisfaisante, et un pourcentage peu perceptible pour la sensation satisfaisante au niveau de deux maisons (M4 et M7).

- Pour la sensation légèrement satisfaisante : le maximum est signalé dans l'habitation M1, encore on remarque un pourcentage important pour M3 et M6, un taux moyen observé au niveau de la maison M 2 et M5
- Pour la sensation insatisfaisante, les taux max sont signalés dans les maisons M2, M4 et M5 avec une valeur de 66%, on observe encore une valeur intéressante de 60% (M7), le minimum des réponses est observé dans l'habitation M3 et M6 (34%)
- Pour la sensation satisfaisante : de 34 et 20% respectivement pour les maisons : M4 et M7 étant donné que ces maisons se caractérisent par l'extraversion, de ce fait, les espaces qui se trouvent sur la façade se bénéficient des brises maritimes du soir.

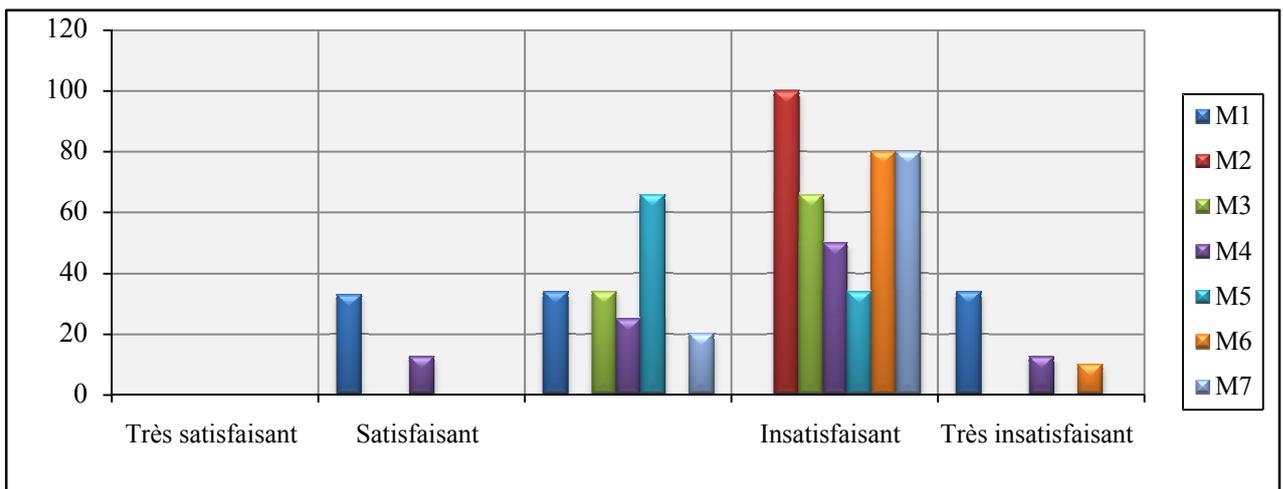


Graphe-VIII.19 : Évaluation de l'ambiance globale (période moins chaude)

### VIII.2.3.2-Évaluation de l'agrément de l'ambiance globale durant la période chaude :

Les réponses dans cette période qui s'étale de 10h00 à 18h00 montrent que la qualité de l'ambiance est chaude, de ce fait, la plupart des usagers considèrent que le climat est insatisfaisant et cela surtout pour les occupants des habitations : M2, M3, M4, M 6, M 7.

- Pour la sensation légèrement satisfaisante on l'a observée chez les usagers des maisons M1, M3, M4, M5, M7 respectivement avec les valeurs suivantes : 34, 34, 25, 66, 20%
- La sensation thermique perçue est satisfaisante seulement pour (M1, M4) et cela suivant les pourcentages : 33, 12.5%
- Alors que certains occupants des habitations M1, M4, M6 trouvent que l'ambiance thermique est très insatisfaisantes.
- Donc, on peut dire que la période de surchauffe journalière représente un moment défavorable pour les usagers de toutes les maisons, malgré qu'on a trouvé que certains participants déclarent que la température est acceptable, cela confirme que la notion du confort thermique est complexe car elle englobe plusieurs facteurs principalement la température, l'humidité et la vitesse de la l'air et bien sur d'autre paramètres comme la température radiante et que n'a pas mesuré d'où vient la difficulté de ce thème.



Graphe-VIII.20 : Évaluation de l'ambiance globale (la période chaude)

#### Conclusion :

Dans ce travail de recherche, il a été mené une investigation qui a permis une collecte de températures et d'humidité de l'air moyen dans sept maisons à patio à Jijel.

La température moyenne intérieure d'après les résultats de l'expertise reste conditionnée par la puissance de la radiation solaire tombant sur les parois verticales et la toiture et la température extérieure, alors que la quantité des l'irradiation est déterminée principalement par l'orientation et la forme géométrique. De ce fait, l'habitation recevant la grande quantité

d'énergie, s'échauffe plus. Par conséquent, la forme allongée n'est pas souhaitée surtout lorsque celle-ci est disposée selon l'axe Nord-Sud ou bien proche de cet axe. Tandis que la maison avec un patio type puits répond encore mieux que les autres formes (pendant la période diurne), car cette configuration produit un ombrage important, et donc un rafraîchissement autonome. Mais ce type de configuration offre un ombrage maximal pendant la période diurne, mais il présente un problème de déstockage de l'énergie reçue durant la période nocturne ralentissant les possibilités de rafraîchissement de l'espace intérieur.

Les résultats de l'investigation démontrent aussi que l'orientation Nord-Est/Sud-Ouest reste plus confortable durant la période estivale (le cas de la maison 3 ou M3). L'orientation influe sur les températures et d'humidité dans les espaces intérieurs. Le taux d'ouverture au ciel (S/hm) agit considérablement sur la quantité d'énergie transmise à l'intérieur de l'espaces habitable, et donc sur les ambiances intérieures.

Dans un climat méditerranéen comme celui de la ville de Jijel, une maison avec cour en R+1 se comporte d'une manière positive par rapport à une habitation en un seul niveau, à condition que cette dernière ne soit orientée selon l'axe le plus défavorable.

D'autre part, il été noté que les usagers optent pour plus de fraîcheur et de mouvement d'air, et cela surtout pendant la période diurne. Les votes de sensations sont d'ailleurs limités entre -1 et +3 en été durant la période moins chaude, et de +1 et +3 pour le période chaude. Ces réponses reflètent le climat d'été assez chaud et peu venteux de la région étudiée mais avec une humidité élevée de jour comme de nuit ce qui accentue la sensation de malaise (sensation de moiteur).

De plus, les sujets utilisent les échelles de sensation et de préférences d'une manière opposable et complémentaire. Par exemple : à sensation chaude on exigeait plus de froid. Pour les votes de préférences et l'agrément, les mêmes constats restent valables. A la neutralité thermique, la majorité ne préfère aucun changement. Nous constatons aussi une préférence plus importante pour les sensations de plus de mouvement d'air et de moins d'humidité.

D'après cette investigation, dans la maison M1, la sensation thermique est globalement neutre, légèrement chaud, 90% des participants ne souhaitent aucun changement dans le climat intérieur. On peut la considérer comme la plus confortable par rapport aux autres habitations.

## *La simulation numérique*

*« L'informatique, en architecture, est apprise en tant qu'outil de représentation et de Communication du projet »<sup>1</sup> Caroline Lecourtois*

### **Introduction:**

La simulation thermique dynamique simule au pas de temps horaire le comportement du bâtiment en fonction des conditions climatiques, de l'occupation des locaux et des caractéristiques thermo physiques des matériaux de construction... Elle permet de déterminer les solutions techniques optimisant les conditions de confort et les performances énergétiques d'un bâtiment neuf ou existant. Aussi, la simulation thermique nous aide à évaluer thermiquement la construction par des calculs rapides et non coûteux. Donc, elle nous permet de valider rapidement plusieurs choix et même d'optimiser.

Pour analyser nos bâtiments, on a utilisé le logiciel DEROB-LTH qui permet de vérifier premièrement les données de l'investigation in situ, de comparer les sept variantes entre eux, et de changer quelques paramètres relatifs au patio.

### **IX.1-Objectifs de la simulation :**

Selon Chatelet A et al « *Pour l'architecte, la simulation doit permettre de valider rapidement des options fondamentales (implantation, structure, ouverture...), d'explorer et de commencer à optimiser certains choix* »<sup>2</sup>.

La simulation informatique offre la possibilité de comparer plusieurs variantes entre elles. Il est donc nécessaire de savoir ce que l'on cherche pour utiliser l'outil de façon optimale et éviter, finalement, de perdre du temps et maîtriser le déroulement des calculs.

Mais aussi, la simulation aide à comparer les mesures in situ et les données du logiciel, et même celui-ci représente un moyen flexible pour toute modification concernant les données du projet ou copier certain projet ou cas. Enfin la définition de la période de simulation est très souple en changeant la journée, le mois, l'année... Donc le logiciel de simulation reste un outil efficace pour les études en architecture bioclimatique.

<sup>1</sup> Caroline Lecourtois, Séminaire international sur l'architecture et le développement durable, université de Biskra, 2008. (Article : Enseigner la conception architecturale assistée par ordinateur , thème 4, p : 473 .

<sup>2</sup> Chatelet A, Fernandez P, Lavigne P, Architecture climatique, une contribution au développement durable Tome 2 : concepts et dispositifs, édition EDISUD, Aix de Provence, France, 1998, p : 133

## IX.2-Présentation du logiciel de la simulation :

Le logiciel DEROB-LTH version 99.01+3 sous Windows est développé par le laboratoire de l'école d'architecture d'Austin à l'université de Texas, ensuite développé par l'institut technologique à Lund, il représente un moyen flexible de simulation thermique des bâtiments en mode zonale. Le programme est composé de 8 modules (voir annexe 7) ,6 pour le calcul des températures, chauffage et le refroidissement. Les résultats obtenues se présentent sous deux formes : graphe (PMV, PPD et  $T_{ope}$ ) et texte (fichier Excel).

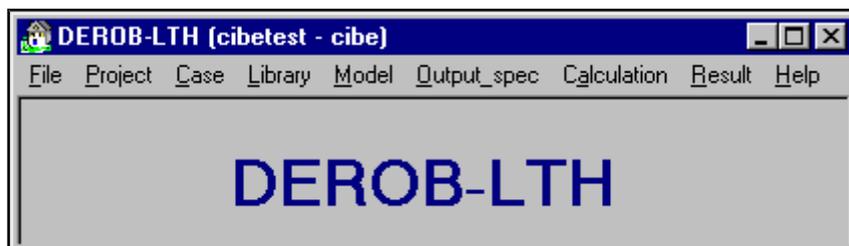


Figure-IX.1 : Fenêtre de DEROB-LTH

Source : DEROB-LTH

Ce logiciel se caractérise par des fonctions que l'on peut regrouper en trois domaines : les entrées, le traitement des données et les sorties.

### IX.2.1-Les entrées (inputs) : le calcul est influencé par :

- Le site (latitude et longitude), l'orientation du bâtiment
- L'albédo, la résistance du sol, le coefficient de convection extérieur.
- Les conditions climatiques (les données horaires de température et humidité de l'air, l'irradiation, température du ciel).
- Le bâtiment : les caractéristiques thermiques des matériaux de construction est nécessaire pour la simulation (conductivité thermique, masse volumique et chaleur spécifique), caractéristiques des surfaces (absorptivité solaire et émissivité dans les GLO), composition des parois opaques et transparentes, leurs dimensionnement et la disposition de celles-ci.
- Les apports internes (occupants, appareils électroménagers, éclairages...)
- Les équipements (climatisation, ventilation, chauffage.....)

Le dessin des espaces composants un bâtiment est nécessaire, il se fait à partir du volet model, ce logiciel traite le bâtiment en mode zonale c'est-à-dire il fait les calculs volume par volume, pour composer une pièce DEROB-LTH dispose cinq principales formes géométriques, chaque espace de la maison se compose à l'aide des références suivants : les dimensions de la paroi, Azimuth, Zenith, les coordonnées spatiales du point bas gauche de la surface (LLC = Lower Left Corner). Voir figure IX.2

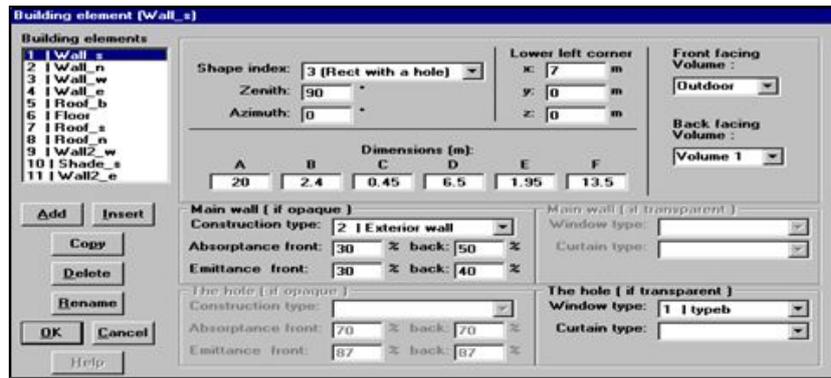


Figure-IX.2 : Fenêtre de la composition géométrique

Source : DEROB-LTH

**IX.2.2-Le traitement des données :** Il s'agit de structurer les données introduites en fonction d'un modèle de représentation par le logiciel. La spécification des cas à étudier se fait à partir de l'icône "calculation".

### IX.2.3-Les sorties (outputs) :

Elles constituent l'ensemble des informations fournies par le logiciel à l'issue d'une exécution, se sont tout simplement les résultats des entrées volume par volume, elles sont rassemblés dans un fichier Excel ou diagramme (température opérative, PMV et PPV), les résultats du logiciel sous la forme d'un fichier Excel sont donnés selon l'ordre suivant : L'heure, numéro du volume, les températures surfaciques, la température ambiante, la température opérative. La figure-IX.3 montre la fenêtre des résultats de la température opérative, PMV et PPD sous forme d'image.

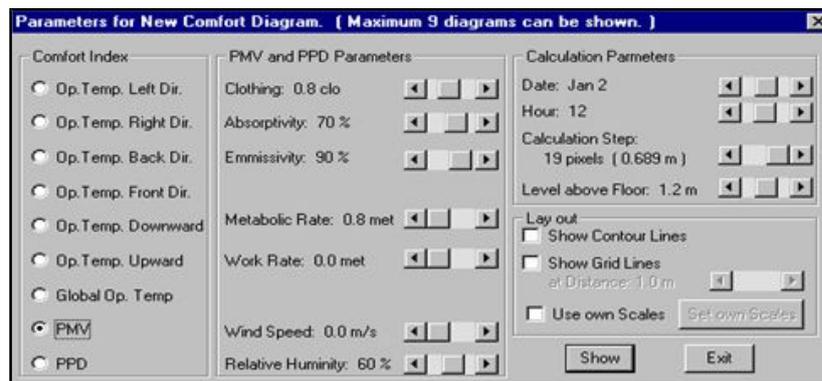


Figure-IX.3 : Fenêtre d'affichage de la température opérative, PMV, PPD

Source : DEROB-LTH

### IX.3-Déroulement de la simulation :

Le déroulement de la simulation avec le programme Derob est passé par trois étapes principales, d'abord, on a introduit les paramètres thermiques des matériaux de construction, la composition des parois, les paramètres du site et du climat. Ainsi la composition géométrique de chaque maison et les scénarios d'occupation des espaces. Dans la deuxième étape, le programme fait le calcul en se basant sur la base de données introduite dans la première phase, avec l'icône (Output\_spec), et l'icône (Calculation), on détermine la variante

à analyser s'il y a plusieurs cas dans le même projet. Enfin, la dernière étape concerne les sorties sous forme de fichiers Excel et des graphes pour le PMV, PPD et la température opérative.

### IX.3.1-Les données de la simulation (the inputs) :

#### ✦ Site et climat : ville de Jijel

- Latitude : 36.49 (degrés)
- Longitude : 5.45 (degrés)
- Time Meridian: 15.00 (degrés)

Pour le fichier climat on a tiré les données de température et d'humidité auprès la station météo tandis que les radiations sont calculées par l'auteur avec la méthode de LIU JORDAN (voir annexe 1,p :268).

#### ✦ Les données climatiques :

Les données horaires de température et d'humidité de l'air, l'irradiation directe et diffuse sont affichées dans le tableau IX.1. On a choisi la journée de 27 juillet 2009, une journée très chaude, pour la simulation informatique.

L'heure	Température	Humidité %	Humidité Kg/kg	Radiation directe	Radiation diffuse	Radiation Global
1 h	23,6	80,0	0,0157	0	0	0
2 h	23,2	80,7	0,0159	0	0	0
3 h	22,8	81,3	0,055	0	0	0
4 h	23,5	82,0	0,0152	0	0	0
5 h	24,1	79,7	0,0152	0	0	0
6 h	24,8	77,3	0,0154	43,95	58,80	102,76
7 h	28	75,0	0,0155	117,13	106,86	224,00
8 h	31,2	66,0	0,015	197,01	148,19	345,20
9 h	34,4	57,0	0,0163	269,44	182,52	451,96
10 h	35,2	48,0	0,018	326,30	208,47	534,78
11 h	35,9	43,7	0,0168	362,52	224,65	587,18
12 h	36,7	39,3	0,0169	374,82	230,24	605,06
13 h	37,1	35,0	0,0147	374,82	230,24	605,06
14 h	37,6	32,0	0,014	362,52	224,65	587,18
15 h	38	29,0	0,0133	326,30	208,47	534,78
16 h	35,5	26,0	0,0119	269,44	182,52	451,96
17 h	32,9	37,3	0,0152	197,01	148,19	345,20
18 h	30,4	48,7	0,0165	117,13	106,86	224,00
19 h	30,3	60,0	0,0174	43,95	58,80	102,76
20 h	30,1	62,7	0,018	0	0	0
21 h	30	65,3	0,0188	0	0	0
22 h	29,9	68,0	0,0193	0	0	0
23 h	29,7	62,3	0,0178	0	0	0
24 h	29,6	56,7	0,0159	0	0	0

Tableau- IX.1: Les données climatiques horaires (Jijel)

Source : station météo réadapté par l'auteur, 2010

### ▣ Nature des matériaux de construction et leurs caractéristiques thermiques :

Pour les matériaux opaques :

- L'absorptivité des surfaces extérieures et intérieures est fixée à 70%.
- L'admittance des surfaces extérieures et intérieures est fixée à 87%.

Les maisons objet de la simulation sont construites dans la même période, de ce fait, les matériaux de construction utilisés sont les mêmes pour toutes les habitations (tableau IX.2)

Matériau	Masse volumique Kg/m <sup>3</sup>	Conductivité W/m. °C	Chaleur spécifique Wh/Kg .K
Pierre	2350	2,4	0,26
Brique cuite	1700	0,8	0,26
Mortier de chaux	1800	0,87	0,3
Enduit ciment	2200	1,4	0,3
Plâtre	750	0,35	0,26
Sable	1300	0,6	0,22
Bois	500	0,15	0,42
Carrelage	2200	2,1	0,26
Tuile	1900	0,8	0,26
Air	1	0,18	0,27

Tableau- IX.2: caractéristiques thermiques des matériaux de construction

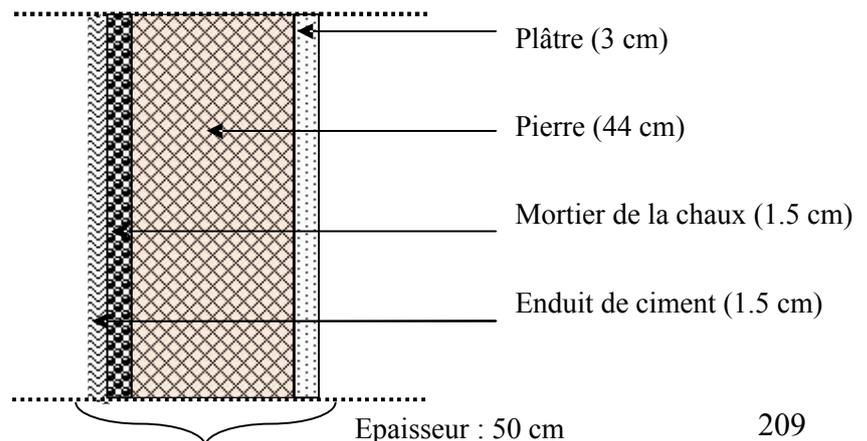
Source : Auteur d'après le DTR

### ▣ Paramètres générales :

- La réflectivité du sol est fixée à 30%, la résistance du sol 1.87 m<sup>2</sup>.k/w.
- Le coefficient de convection extérieur correspond à des conditions de vent faible est de 15 w/m<sup>2</sup>.k. Cette valeur correspond à des conditions de vent faible.
- Le coefficient de convection intérieur sera calculé par le logiciel.
- Le vitrage des fenêtres est ordinaire (transmission : 86% et réflectivité de 8%), les fenêtres ne possèdent pas des rideaux sauf pour les deux maisons M2 et M4, et d'après nos observations les fenêtres sont protégées seulement pendant la période de surchauffe de 11h00 à 18h00.

▣ **La composition des parois et toiture :** la composition de la structure de chaque maison est la même seulement la différence réside dans les épaisseurs des murs, dans ce qui suit la présentation de la composition des différentes parois de la maison M2.

-Mur extérieur en pierre :



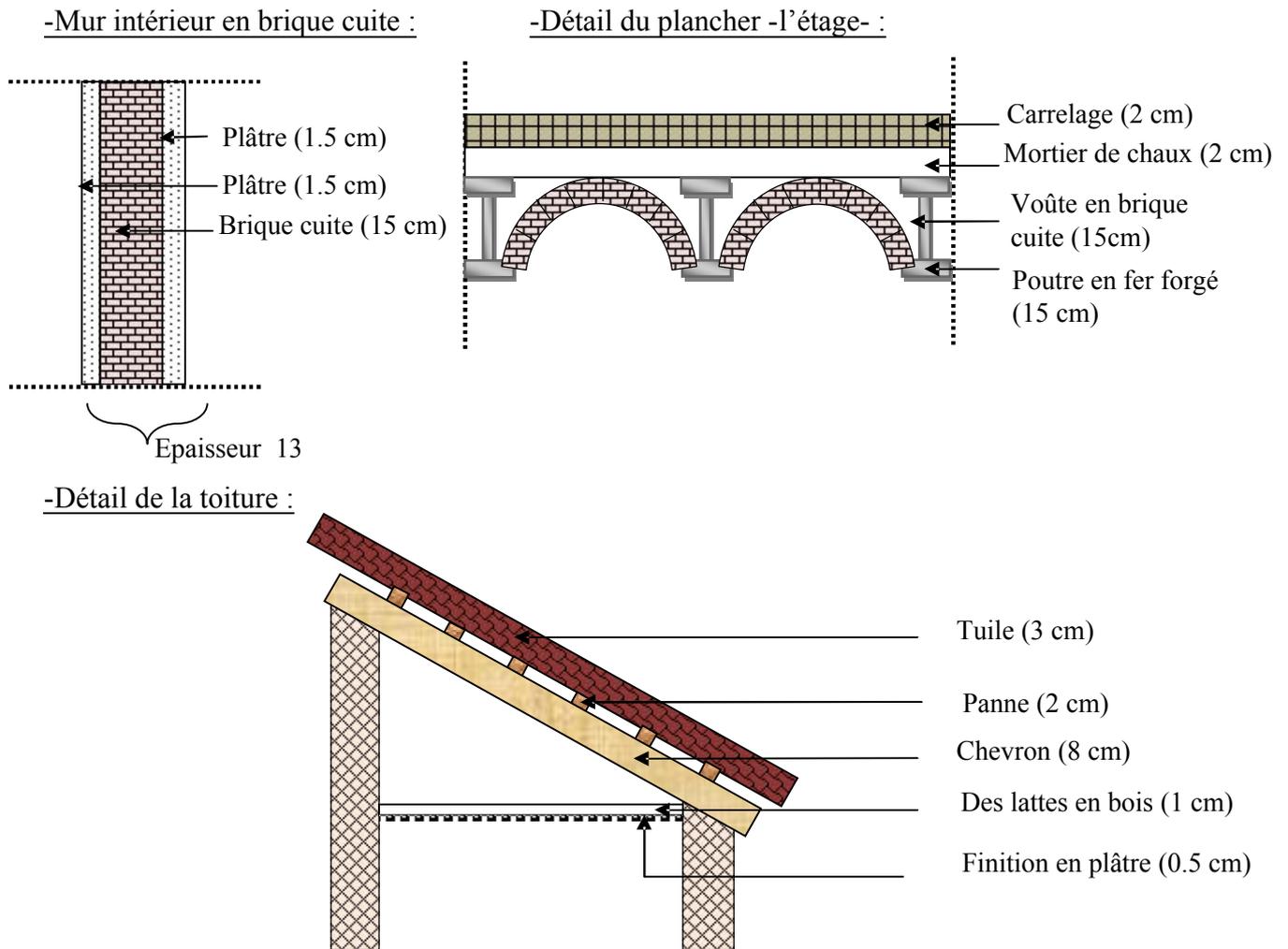


Figure-IX.4: Détails de la structure de la maison M2

### Les apports internes :

Pour calculer les apports internes dans ces maisons on a suivi la méthode présentée dans le DTR (voir annexe 3), ce qui concerne les scénarios d'occupation ont été définis selon nos remarques pendant les mesures et par le biais de l'enquête avec les usagers concernant l'utilisation de leurs espaces durant la journée (27 juillet 2009). On a remarqué le groupement des membres de la famille dans des pièces différentes, la femme dans la cuisine pour la préparation de la manger 10h00-12h00 et entre 18h00-19h00, la réunion de la famille aux heures de repas dans la cuisine ou dans la salle à manger. Aussi, le regroupement dans l'espace où se trouve la télévision surtout avant la sieste et la soirée ou même pendant la matinée lorsque la famille possède des enfants (comme l'exemple de la famille M2 et M 4 et M7).

### Scénario d'occupation de la maison M2 :

La procédure du calcul des apports internes est la même pour le reste des maisons seulement le scénario est différent (voir annexe 3, p : 281).

### ➤ Gains dus aux occupants :

Les conditions d'occupation des locaux sont particulièrement importantes car elles influent sur la température de l'air, pour ce faire on a calculé les apports dus aux occupants. Le tableau 3 montre le nombre des personnes dans chaque espace, le temps d'utilisation de celui-ci et la puissance dégagée. La maison (M2) abrite six (06) personnes : la grande mère, le père, la mère et trois filles. La figure 5 montre le plan de la maison M2 avec ses espaces et leurs correspondances en volumes.

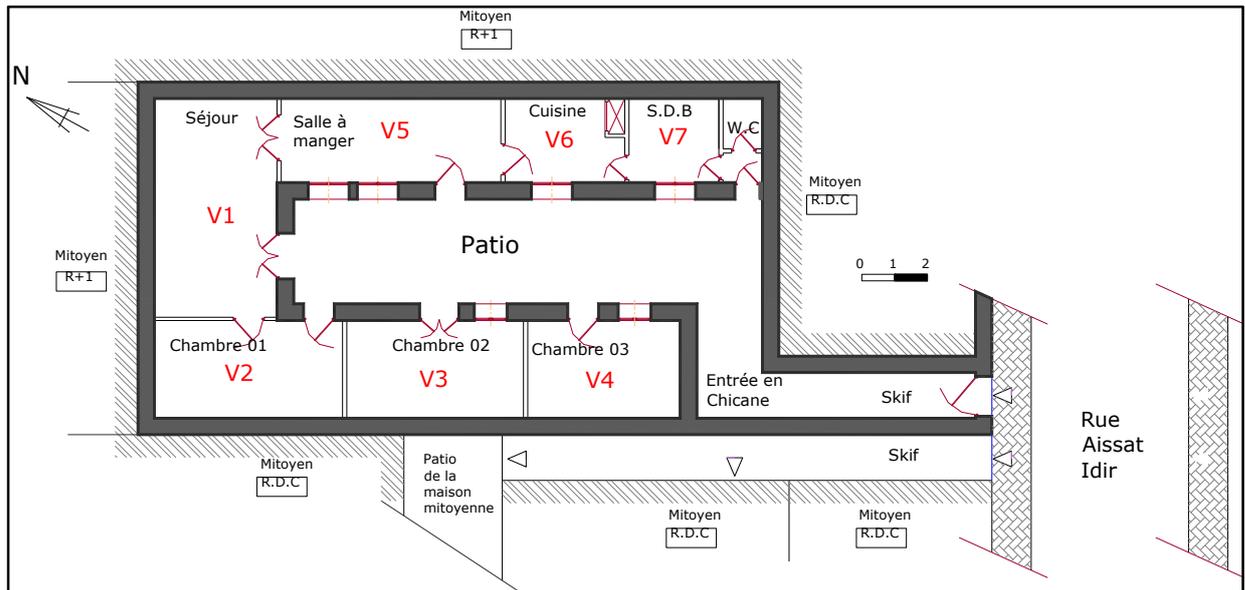


Figure-IX.5 : Les volumes de la maison (M 2)

Espace	Volume	Nombre de personne	Temps d'utilisation	Puissance (W)
Séjour	V1	1	14h00-16h00h	102
Chambre 1	V2	2	22h00-8h00h	102
Chambre 2	V3	2 4 2	10h00-12h00 13h00 -15h00 22h00-8h00	102
Chambre 3	V4	1 2	13h00 -16h00 23h00-7h00	102
Salle à manger	V5	6	12h00-13h00 21h00 -22h00	102
Cuisine	V6	1	10h00-12h00 18h00-19h00	131
S.D.B	V7	Néant	/	/

Tableau IX. 3: La fréquentation des espaces (M2)

### ➤ Gains dus aux appareils électroménagers :

Espace	Volume	Appareil	Temps d'utilisation	Puissance (W)
Cuisine	V6	Appareils Cuisson	10h00-12h00 18h00-19h00	200
		Réfrigérateur	24/24h	100
Chambre 2	V3	Télévision	10h00-12h00	150
			13h00-15h00	150

Tableau IX.4: Puissances dégagées par les appareils électroménagers (M2)

### ➤ Gains dus à l'éclairage :

$$AI = \sum (W_n \times C_{me} \times C_{cr})$$

$W_n$  est la puissance, tous les usagers utilisent des lampes incandescence d'une puissance de 75W

$C_{me} = 1.2$  (lampe incandescence)

$C_{cr} = 1$ , car l'éclairage n'est pas raccordé à un système d'extraction d'air. Ce qui donne :

$$AI = 75 \times 1.2 \times 1 = 90 \text{ W}, AI = 90 \text{ W}$$

### ➤ Les données liés au confort thermique :

Pour simuler le confort thermique on a pris les conditions suivantes :

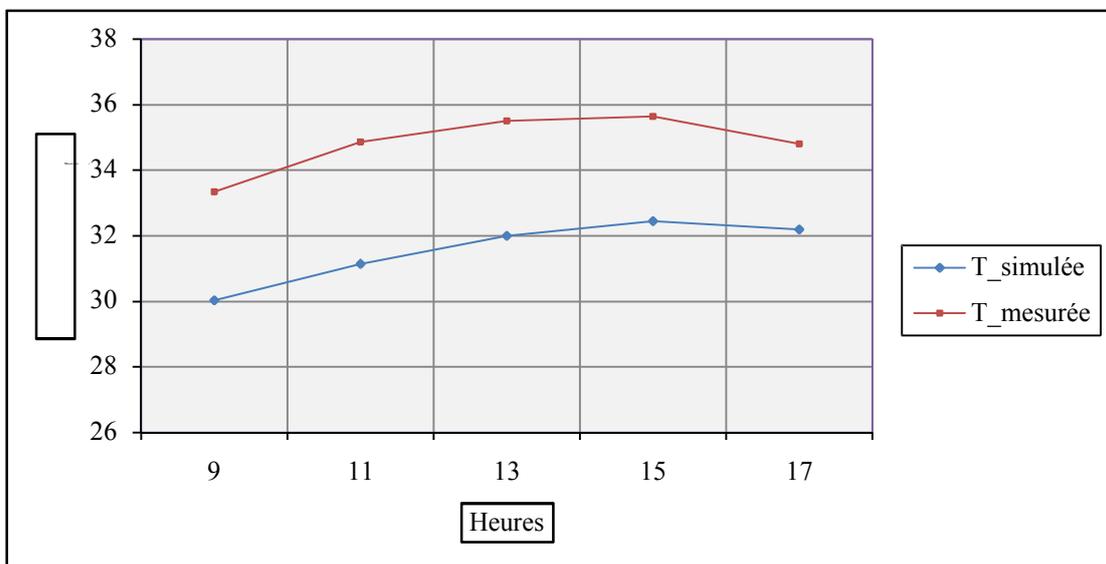
La résistance thermique des vêtements, elle est égale à 0,5 clo (tenue d'été légère),

Le niveau d'activité métabolique est de 0,8 met pour les conditions de repos ou couché et de 1,1 met pour une activité légère, une vitesse relative d'air égale à 0.1 m/s.

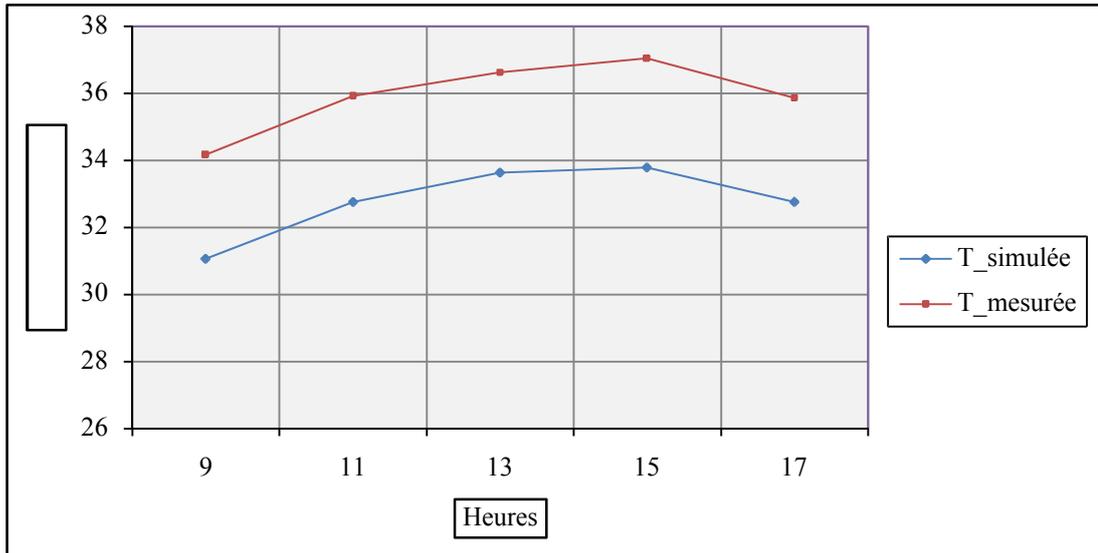
### IX.3.2-Les résultats de la simulation (the outputs) :

Avant de présenter les résultats obtenus dans la partie de la simulation numérique, il est opportun de comparer les données mesurées et celles simulées, ensuite, on va présenter la comparaison entre tout les cas étudiés. Et pour terminer ce chapitre, une présentation des résultats de l'analyse paramétrique a été faite où on a choisi quelques paramètres intrinsèques (hauteur, ouverture au ciel, orientation) et d'autres extrinsèques (la mitoyenneté, la couverture, taux de vitrage de l'enveloppe interne, apports internes). Le graphe 1,2 et 3 illustre les la comparaison entre les résultats mesurés et simulées des maisons M1, M2 et M3 de la journée 27 juillet.

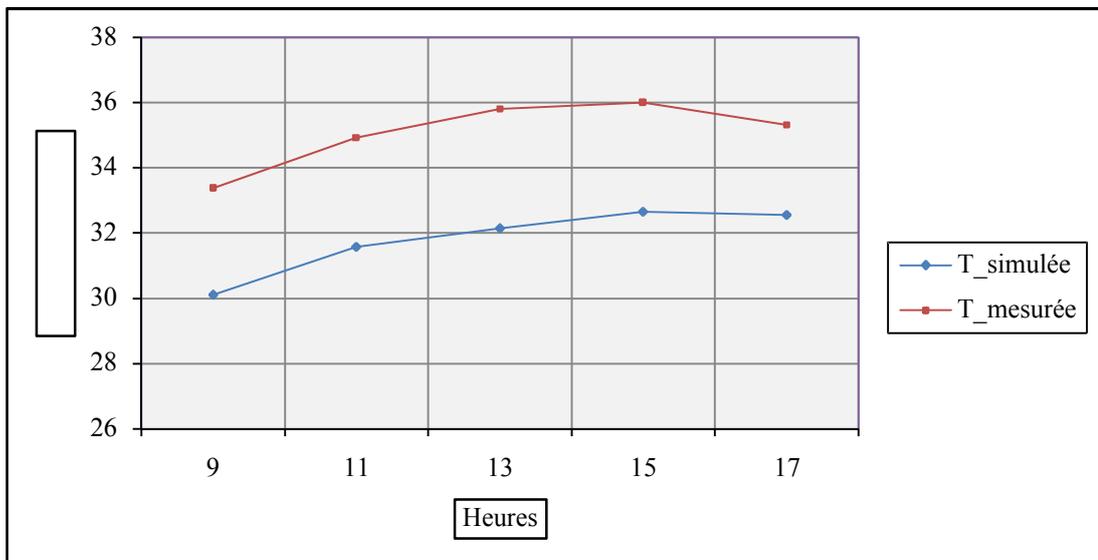
#### IX.3.2.1- Comparaison entre les températures mesurées et celles simulées :



Graphique-IX.1 : Comparaison entre les températures moyennes intérieures mesurées et celles simulées (maison : M1)



**Graphe-IX.2 : Comparaison entre les températures moyennes intérieures mesurées et celles simulées (maison : M2)**



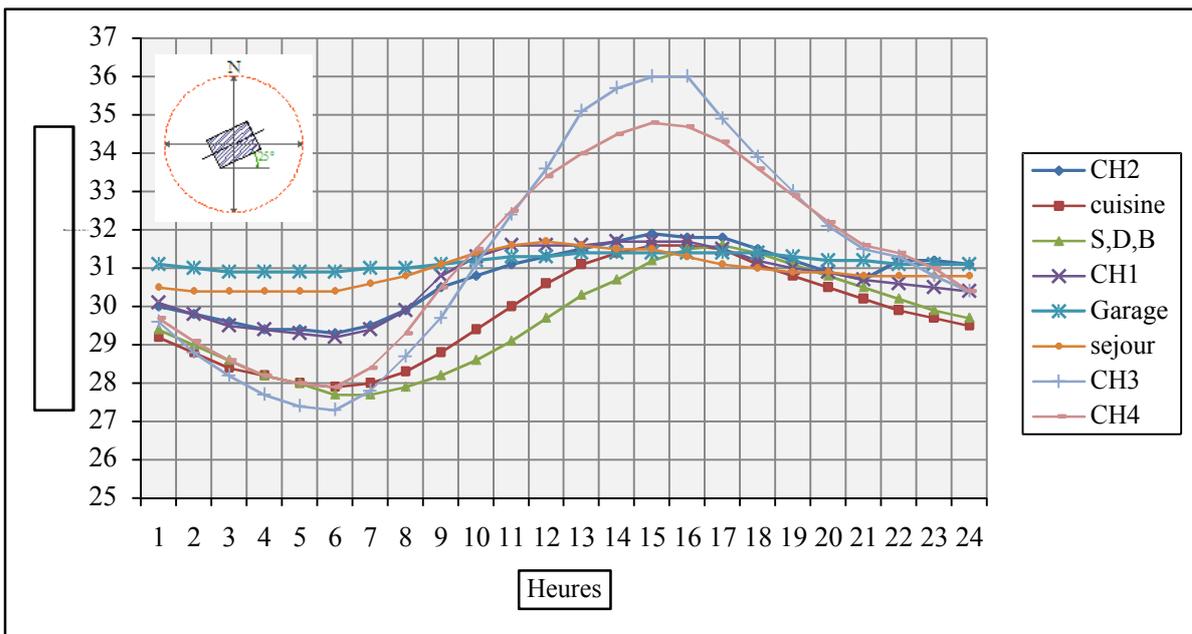
**Graphe-IX.3 : Comparaison entre les températures moyennes intérieures mesurées et celles simulées (maison : M3)**

D'après les trois graphes (1, 2, et 3), on observe qu'il y a une concordance entre les températures moyennes mesurées et celles simulées. On remarque aussi une différence et qui n'est pas stable, elle varie pendant la journée mais il reste que l'écart est plus ou moins perceptible entre les deux courbes (environ 3°C), surtout pendant la matinée et cela revient aux comportements des usagers. L'enquête in situ a révélé que le comportement influe considérablement sur la thermique de la maison, où on a remarqué que les occupants n'éveillaient pas assez tôt, de ce fait, les travaux de ménage s'étalent jusqu'à midi (généralement de 9h30 et se terminent à 11h30), durant cette période les espaces intérieurs reçoivent des apports solaires directs, donc la maison s'échauffe dès les premières heures de la journée. Mais aussi on note que la pierre connaît avec le temps le vieillissement c'est pour cela on trouve que l'efficace de ce matériaux se diminue avec le temps (la durée de déphasage de la pierre de ces trois habitations est moins que celle calculé par le logiciel).

L'écart max entre les températures moyennes mesurées et celles simulées pour M1 est signalé à 11h00 avec une valeur de 3.73°, on remarque dans la même heure une différence de 3.68°C pour M3, aussi, l'habitation (M2) révèle un écart max à 15h00 de 3.26°C. L'analyse de ces valeurs montre que les usagers de (M2) sont les plus sensibles de protéger leurs maison (la cuisine et salle à manger possèdent des rideaux extérieurs), c'est pour cela on trouve que cette maison signale la plus petite valeur par rapport à M1 et M3. Selon ces remarques on peut dire que ces données affirment l'efficacité et l'utilité des mesures in situ.

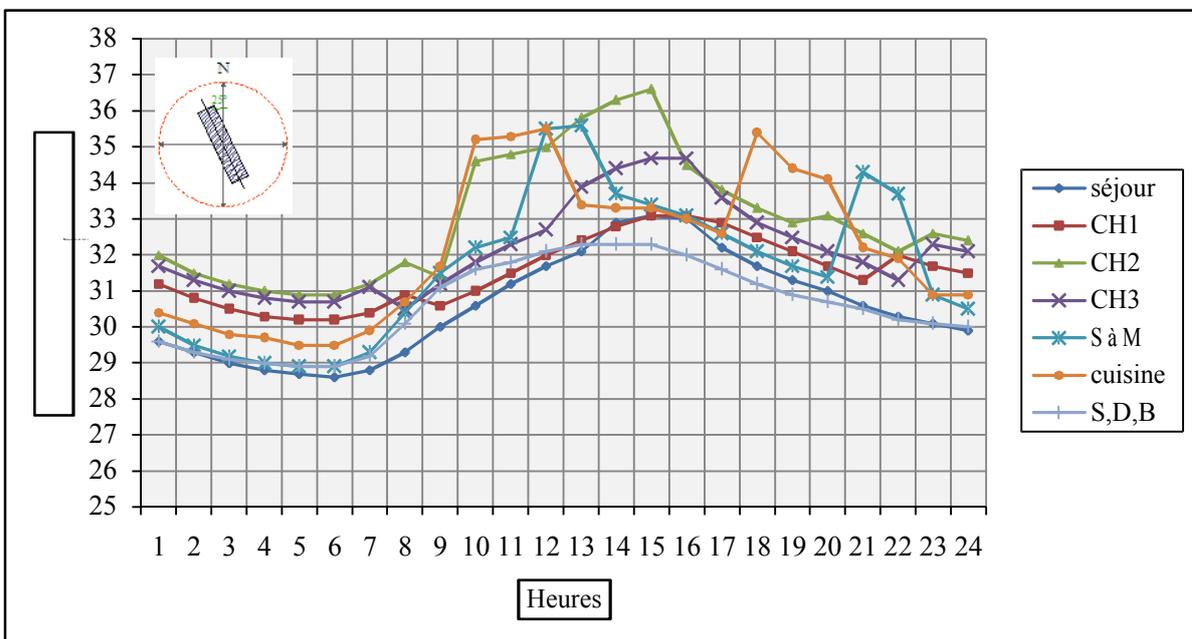
**IX.3.2.2-Présentation des températures moyennes intérieures pour chaque maison :**

Maison M1 :



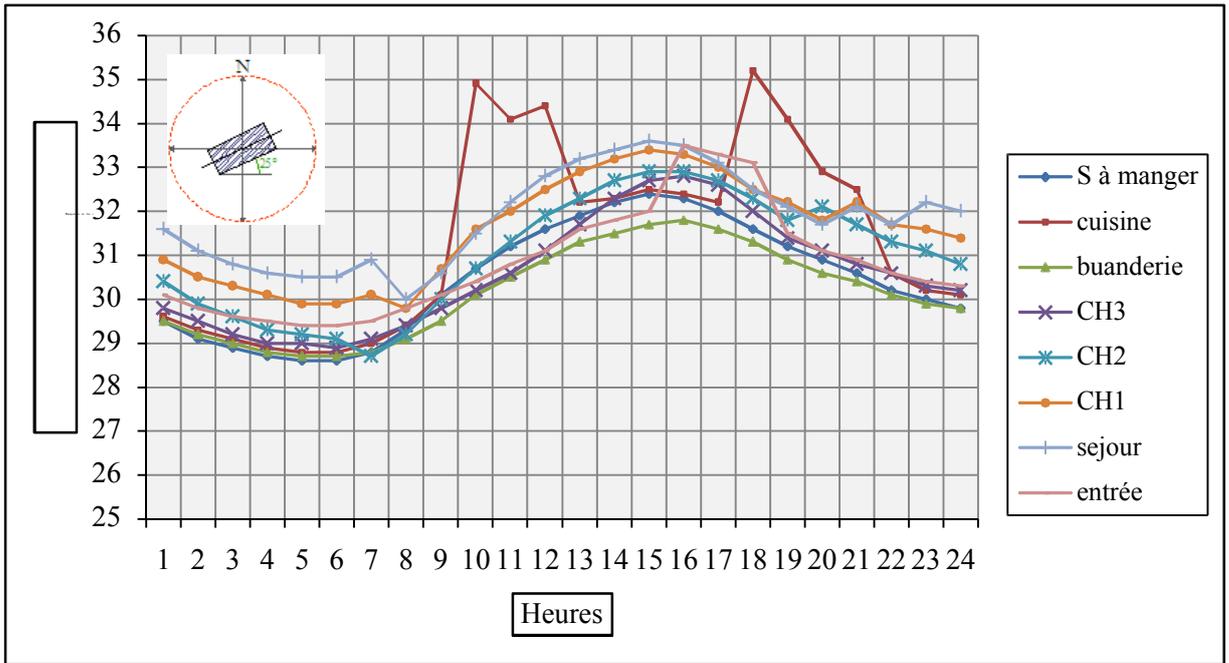
**Graphe-IX.4 : Variation horaire de la température de l'air (M1)**

Maison M2 :



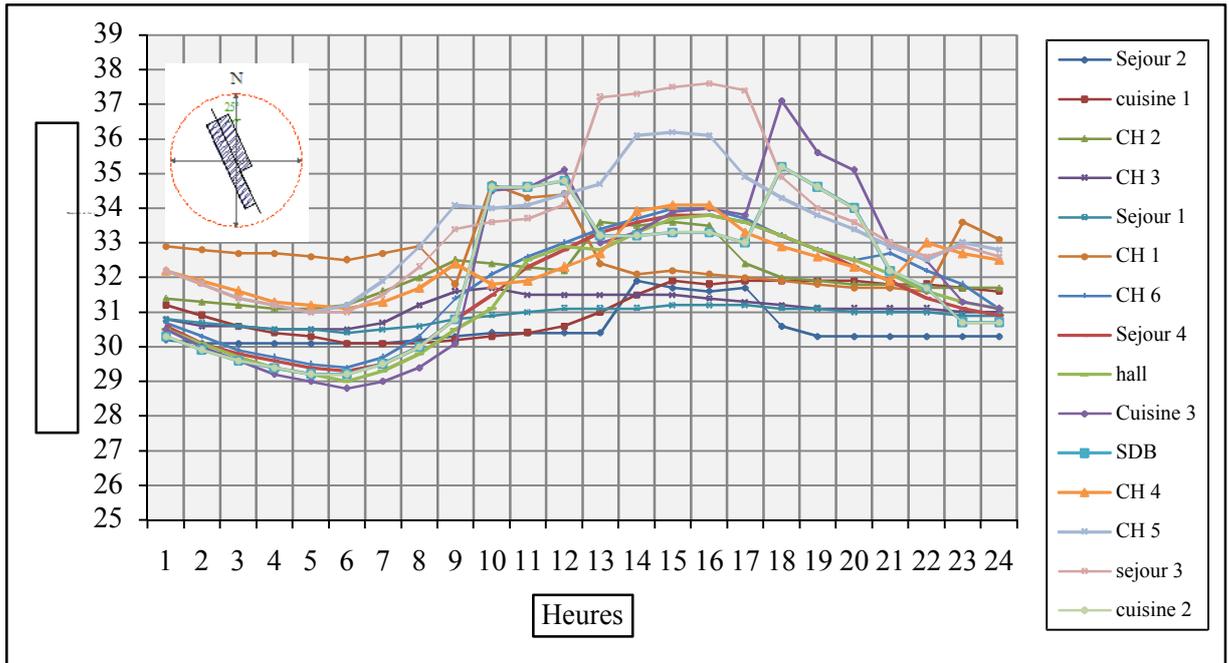
**Graphe-IX.5 : Variation horaire de la température de l'air (M2)**

Maison M3 :



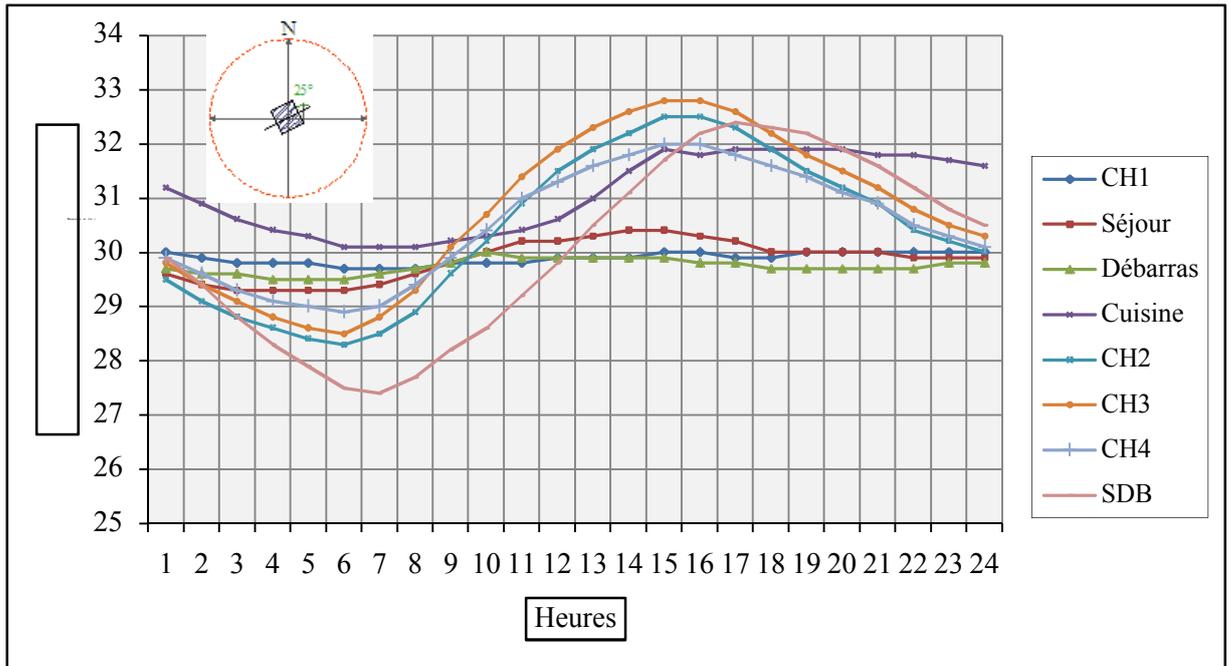
Graphe-IX.6 : Variation horaire de la température de l'air (M3)

Maison M4 :



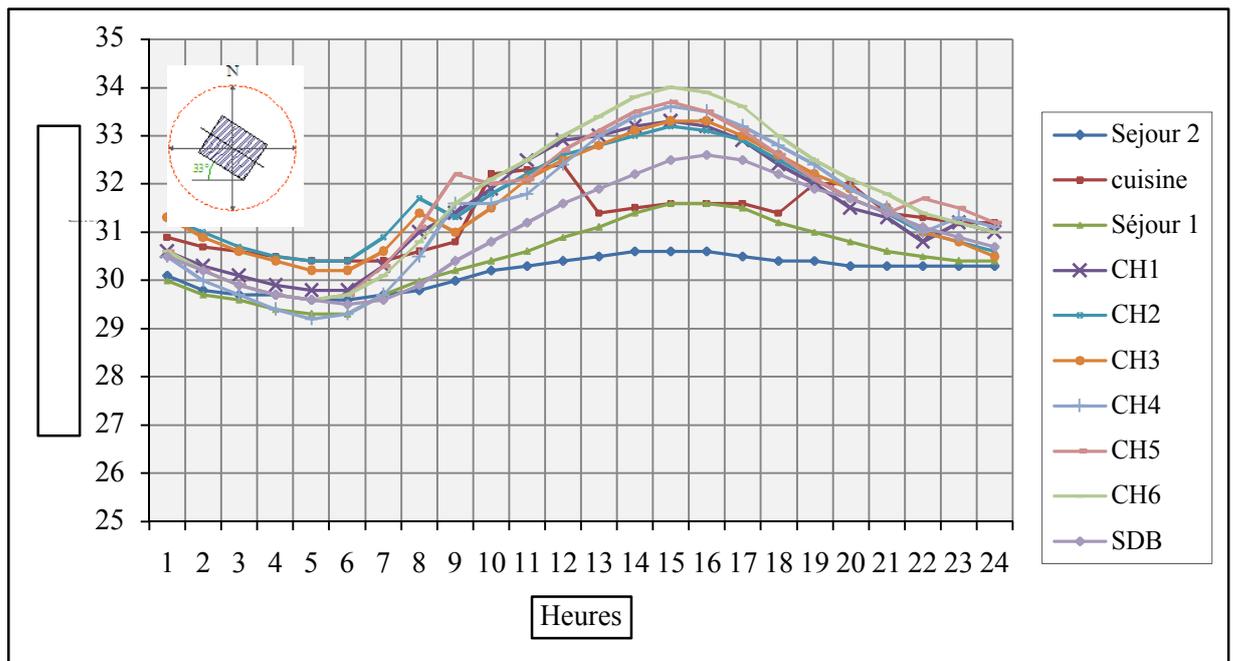
Graphe-IX.7 : Variation horaire de la température de l'air (M4)

Maison M5 :

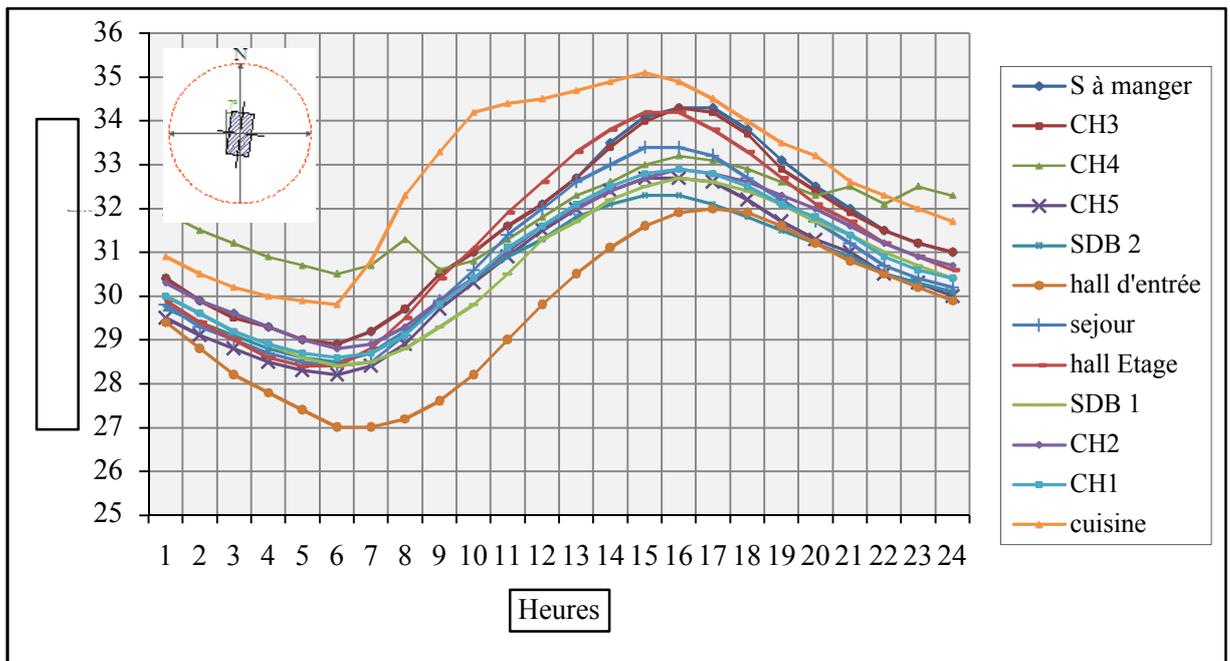


Graphe-IX.8 : Variation horaire de la température de l'air (M5)

Maison M6 :



Graphe-IX.9 : Variation horaire de la température de l'air (M 6)

Maison M7 :**Graph-IX.10 : Variation horaire de la température de l'air (M7)**

Les graphes (4, 5, 6,7, 8, 9,10) représentent l'évolution de la température de l'air dans les pièces de chaque maison, d'après ces graphes on remarque :

- ☛ La température intérieure de l'air dans chaque espace suit presque la même logique, où le minimum est observé à 6h00 et le maximum à 16h00, sauf pour quelques espaces où on remarque une augmentation de la température de la pièce jusqu'à 3°C, et cela est relatif aux scénarios d'occupation de la pièce par les usagers.
- ☛ Pour les maisons en R+1, les pièces qui se trouvent en RDC sont moins chaudes que les espaces de l'étage, mais aussi, les températures de l'air à l'intérieur des espaces du RDC sont plus ou moins stables par rapport à celles du 1<sup>er</sup> étage.
- ☛ Les pièces qui s'orientent vers le nord, le sud ou bien celles qui possèdent une surface de contact petite avec l'extérieur sont les plus frais.
- ☛ Plus le patio possède un taux d'ouverture important plus les températures seront intéressantes.
- ☛ L'effet des apports internes est très perceptible pour les maisons qui sont proches de l'orientation selon l'axe Nord-sud comme l'exemple de M2 et M4, et encore pour les habitations avec un seul niveau.
- ☛ Le nombre des occupants influe aussi sur la température de l'air où on voit cela clairement avec la maison M4 (11 personnes).

- ☛ La cuisine parmi les espaces les plus chauds, surtout aux heures de la préparation du manger grâce à l'utilisation des appareils électroménagers (appareil de cuisson et réfrigérateur). Mais si la cuisine est au niveau du RDC (le cas d'une maison en R+1), le phénomène est peu perceptible et les températures sont plus stables.
- ☛ La température maximale est remarquée au niveau de la maison M4 de 37.6°C à 16h00 dans le séjour 3. Alors que la température atteint la valeur minimale de 27.00°C à 6h00 dans le hall d'entrée de M7.

### IX.3.2.3-Comparaison entre les sept maisons :

Vu que notre investigation in situ était déroulée sur trois jours, cela ne nous permet pas de faire une comparaison globale pour les sept maisons, notre recours était dirigé vers la simulation numérique, la flexibilité de ce moyen nous aide à représenter des modèles qui se rapprochent à la réalité. Les courbes des températures moyennes intérieures obtenues par la simulation sont affichées sur le graphe-IX.11, D'après ce graphe, on signale les remarques suivantes :

- ☛ Les habitations ne comportent pas de la même façon, les courbes ne sont pas parallèles.
- ☛ Pour toutes les habitations la température s'élève progressivement depuis le lever du soleil, elle atteint un maximum à 15h00 ou bien à 16h00, puis diminue lentement vers le soir.
- ☛ Aussi, on peut diviser notre analyse en deux parties, une partie correspond à la période nocturne et l'autre à la période diurne. Pendant la période diurne, les températures les plus basses sont remarquées au niveau de la maison M5 (type puits) avec une valeur maximale de 31.4°C à 15h00, alors que les plus élevées sont observées dans la maison M2 de 33.79°C dans la même heure. Cela explique l'effet de l'ombrage sur les températures intérieures, car M 5 par sa morphologie donne une ombre maximale sur l'enveloppe interne du patio, alors que la maison M2 est très exposée au soleil grâce à plusieurs paramètres tels que la forme allongée ( $L=4.4 \times l$ ), le taux d'ouverture au ciel très important (13.45) et une orientation selon l'axe Nord-ouest/sud-est, mais elle est proche beaucoup plus à l'orientation selon l'axe Nord-sud (c'est la mauvaise direction pendant l'été). L'écart entre les deux maisons est de 2.39°C à 15h00, cette différence est intéressante vu que les températures sont au delà du seuil du confort.

Pendant la période nocturne, on remarque que les maisons M1 et M7 cannaient les températures les moins élevées respectivement avec les valeurs suivantes : 28.78,

28.7°C à 6h00 (voir graphe IX.12). Alors que les températures les plus importantes sont signalées dans la maison M4 avec une valeur 30.2°C, donc soit une différence entre M4 et M7 de 1.5°C, nous expliquons ces observations par le fait que l'étage a la capacité de dégager la chaleur absorbée pendant la nuit, alors que M1, sa température moyenne n'augmentent pas beaucoup durant la journée, mais aussi elle a la capacité de libérer l'énergie absorbée (taux d'ouverture=5.75), alors que la maison M4 par sa morphologie, l'orientation et le nombre des occupants empêchent la température de s'abaisser.

- Des températures d'air assez élevées sont enregistrées dans les patios allongés selon l'axe N-O/S-E (cette orientation est plus proche de l'axe Nord-sud) et cela que ce soit avec un seul ou deux niveaux (M2 et M4). Donc, ils offrent les ambiances thermiques les plus chaudes pendant les deux périodes (diurne et nocturne). Dans ce cas la hauteur n'a pas un effet signifiant de réduire la température moyenne intérieure vis-à-vis d'une forme allongée et une orientation mauvaise.
- L'analyse des courbes de températures montre aussi que les maisons M4, M5 ont une difficulté de déstocker l'énergie absorbée pendant la journée.
- L'écart assez considérable entre les températures moyennes dans la maison M2, M4 et la maison M5. La différence est maximale à 13h00 de 2.71°C.
- L'amplitude maximale est de 4.61°C, signalée dans la maison M7, et même on signale une valeur importante de 4.11°C pour M2. Alors que le minimale est de 2.45°C pour (M5). Donc, ces types de maisons cannaient des amplitudes thermiques faibles.

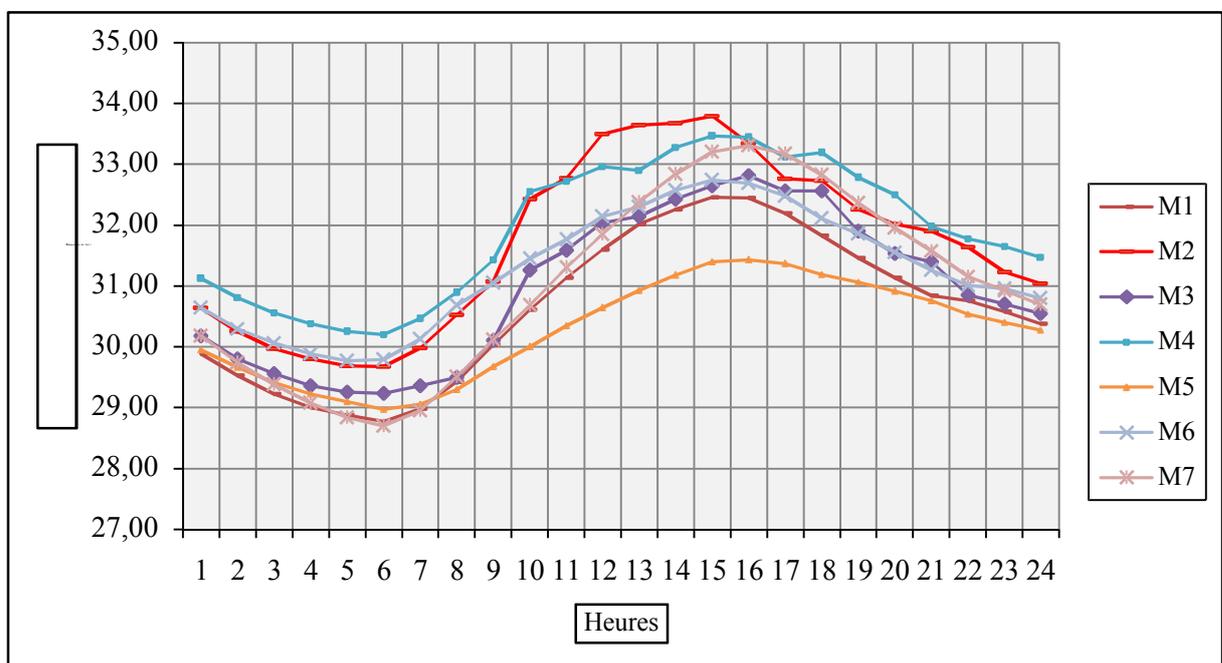


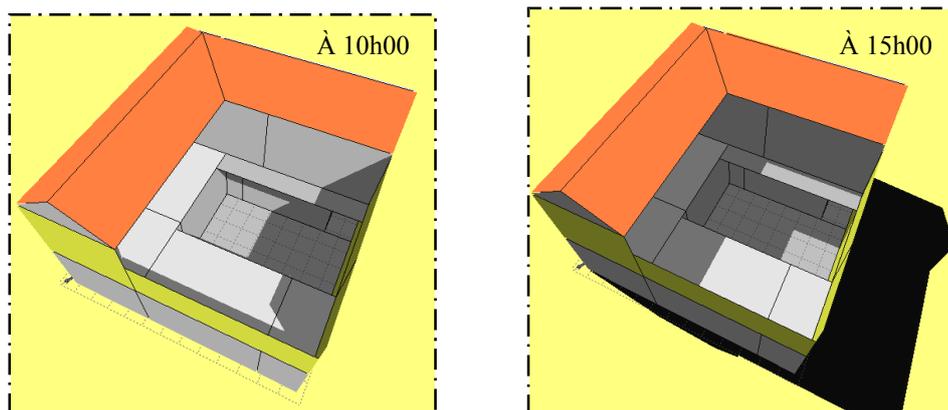
Figure-IX.11 : Variation des températures moyennes intérieures dans les sept maisons



**Graphique-IX.12 : Comparaison entre les températures moyennes intérieures à 6h00 et 15h00 pour les sept maisons**

Nous renforçons ces explications citées ci-dessus par des figures obtenues par le logiciel Ecotect, où on va montrer la limite de l'ombre dans les différentes maisons testées à 10h00 et 15h00 pour le 27 juillet 2009. De la lecture des résultats de la simulation, il s'avère que la surface ombragée est très intéressante dans la maison M5 (surtout à 15h00), alors que les habitations : M2, M6 sont très exposées. Aussi, l'étage de l'habitation M7 est ensoleillé à travers l'enveloppe externe car elle possède trois mitoyens en RDC, c'est pour cela qu'on a trouvé qu'elle s'échauffe et se refroidit rapidement. D'autre part, M1 reçoit des rayons solaires considérables pendant la matinée, mais le soir elle est presque ombragée. M3 reçoit des flux solaire moins que M2 vu que cette dernière occupe une orientation opposée par rapport à la première. D'après la figure 9, on remarque que M4 est protégée, mais malgré cela on trouve que les températures sont élevées. Nous expliquons ces hautes températures par l'effet du nombre des occupants et l'exposition de l'enveloppe externe aux rayons solaires directs.

Maison M1 :



**Figure-IX.6 : L'ombre portée à 10h00 et 15h00 (M1)**

Maison M2 :

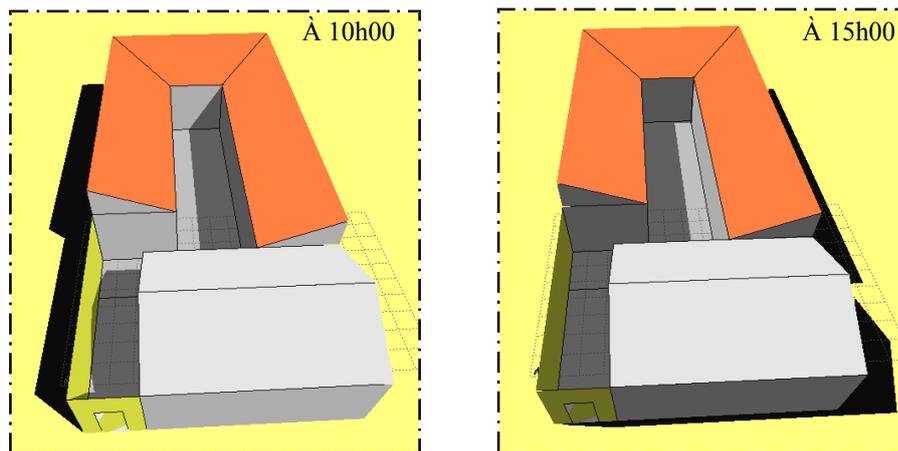


Figure-IX.7 : L'ombre portée à 10h00 et 15h00 (M 2)

Maison M3 :

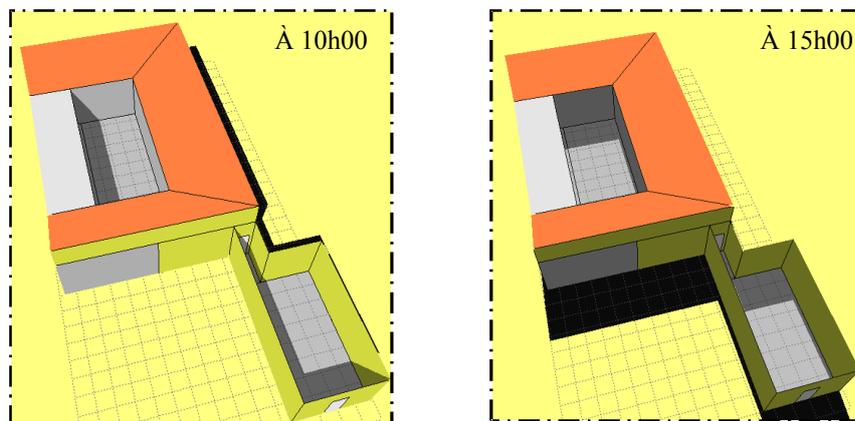


Figure-IX.8 : L'ombre portée à 10h00 et 15h00 (M 3)

Maison M4 :

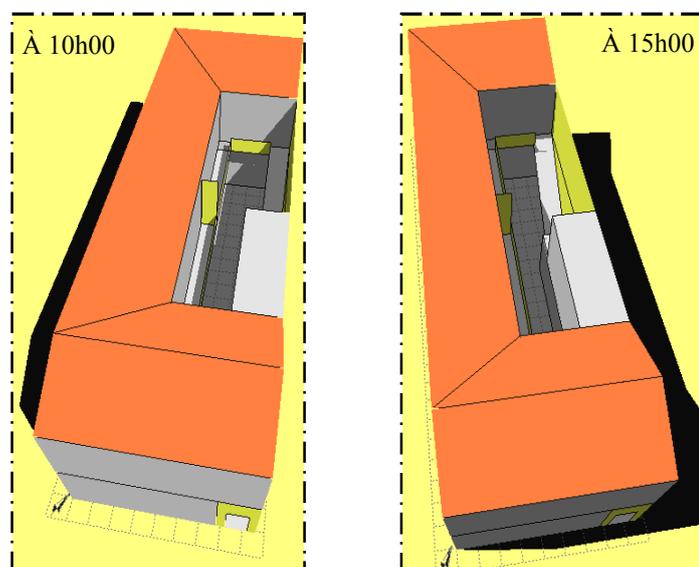
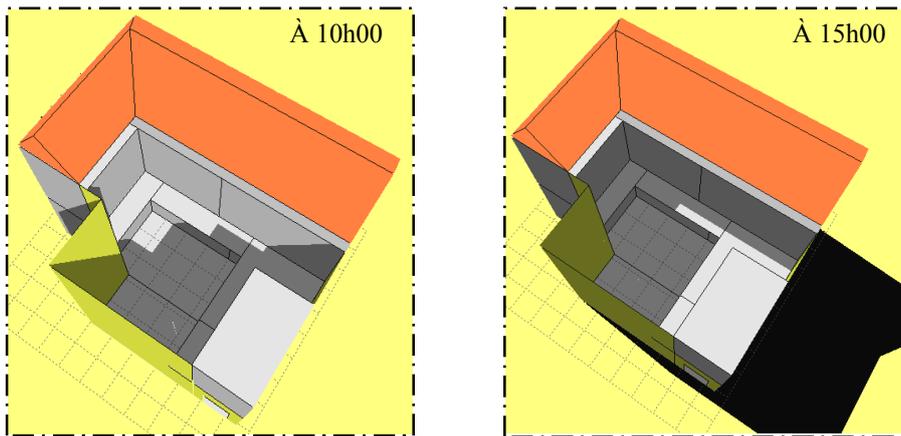
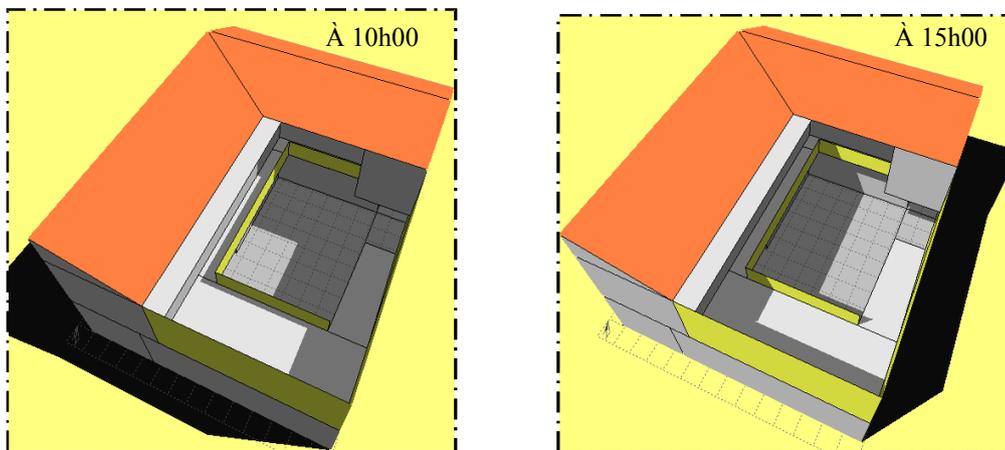
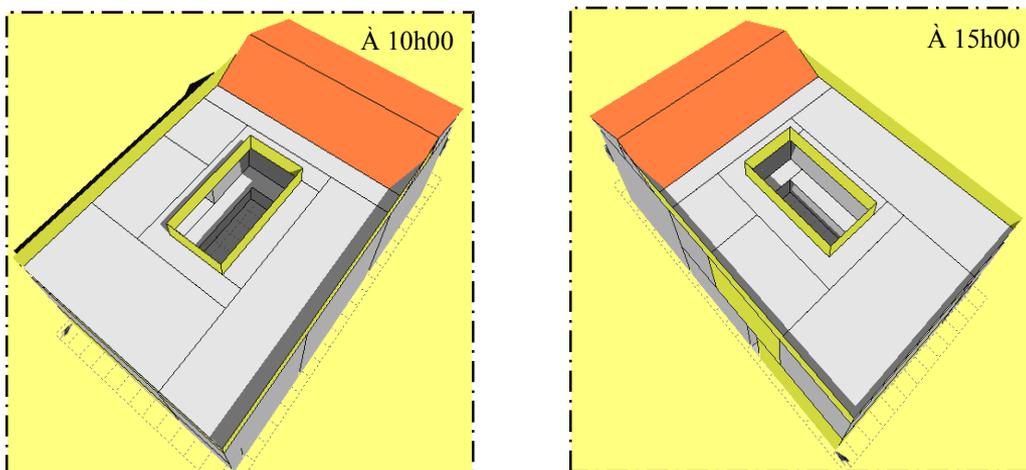


Figure-IX.9 : L'ombre portée à 10 h00 et 15h00 (M 4)

Maison M5 :**Figure-IX.10 : L'ombre portée à 10 h00 et 15h00 (M 5)**Maison M6 :**Figure-IX.11 : L'ombre portée à 10h 00 et 15h00 (M 6)**Maison M 7 :**Figure-IX.12 : L'ombre portée à 10h 00 et 15h00 (M 7)**

**IX.3.2.3.1-Evaluation du confort thermique dans les sept maisons (Top, PMV et PPD) :****✦ La température opérative :**

Nous remarquons à travers la comparaison entre les températures opératives moyennes dans les sept maisons, que les courbes suivent presque les mêmes allures que celles des températures de l'air (voir le graphe 11 et 13) parce qu'on a pris une vitesse de l'air = 0.1 m/s (vitesse maximale proposé par le logiciel).

Les températures opératives obtenues se caractérisent par un abaissement pendant la nuit, et une augmentation durant la journée, dont les amplitudes (maximales et minimales) sont de 4.79°C, 2.47°C respectivement pour M 7 et M5, en ajoutant la valeur de M2 qui connaît une différence intéressante de 4.28°C.

Le comportement des maisons est divisé en deux périodes (diurne et nocturne) :

✦ **Pendant la période diurne** : on a enregistré les températures (Top) les plus élevées pour M2, les minimales pour M5, l'écart entre les températures moyennes est plus important durant la période diurne que nocturne, une différence maximale est observée entre M5 et M2 où on a enregistré de 2.67°C à 13h00, alors que l'écart min (pendant la nuit) est signalée à 3h00 avec une valeur de 0.45°C.

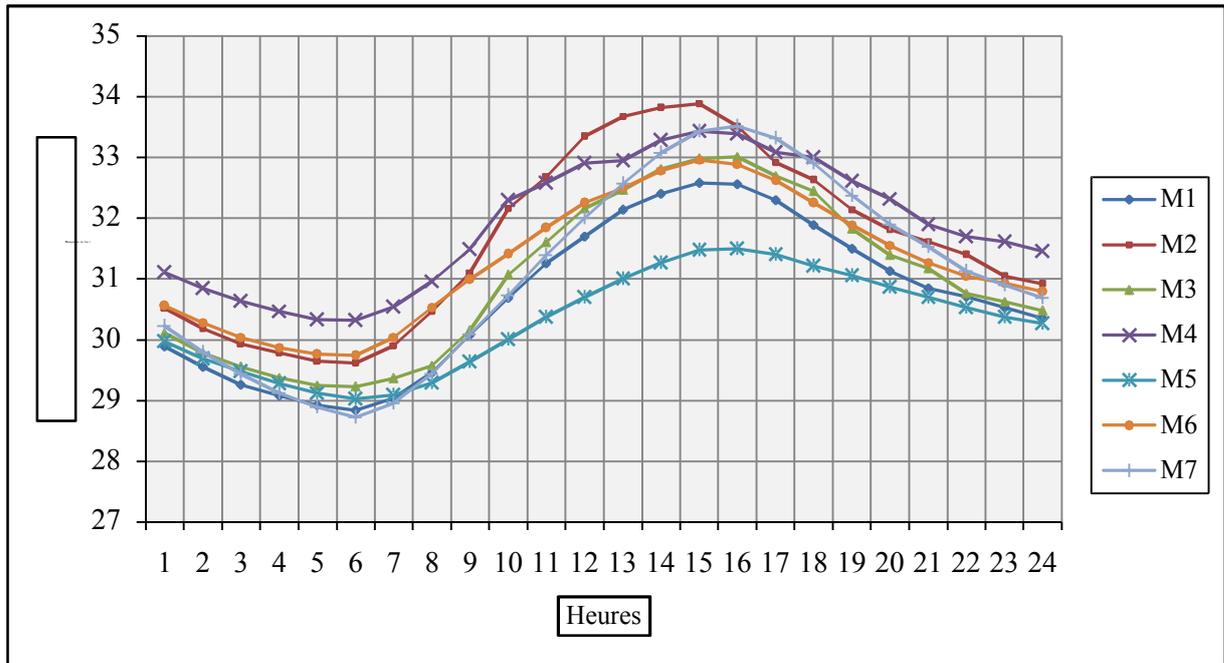
✦ **Pendant la période nocturne** : pendant cette période, les températures opératives les plus élevées sont signalées dans M4, cela est dû d'une part par les fortes quantités d'énergie absorbées durant la journée et d'autre part par la réémission difficile des radiations de grandes longueur d'onde pendant la nuit (forme étroite et allongée:  $L=4 \lambda$ ).

On a enregistré une différence maximale de 1.59 °C à 6h00 entre M4 et M 7. La température moyenne de M7 peut être expliqué par un effet de refroidissement liée au phénomène d'émission des radiations de grandes longueurs d'ondes vers la voute céleste (les valeurs de M7 sont les températures moyennes de l'étage seulement). Parallèlement à cela, il a été relevé pour les (T op) de M2 qui ont connu le maximum durant la journée, on remarque qu'elles diminuent pendant la nuit où on signale qu'elles égalisent avec celles de M6 (de 23h00 jusqu'à 9h00).

Les températures opératives (M1, M5, M7, M3) prennent presque les mêmes valeurs de (1h00-8h00), donc ces habitations répondent encore mieux que le reste des maisons durant la nuit.

Sachant que la température opérative de confort est comprise entre 22.5°C et 28 °C pour l'été, et d'après le graphe, toutes les courbes sont au dessus de la zone de confort pour les deux périodes déjà analysées, mais avec des différences remarquables entre les maisons étudiées, et

de ce fait, la maison M5 et la plus confortable (sa courbe est la plus proche de la limite supérieure).

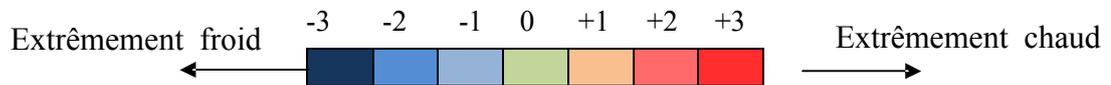


Graphe-IX.13 : Variation horaire de la température opérative dans les sept maisons

PMV :

Le PMV permet de mesurer une sensation thermique globale du corps humain. L'avantage de cet indice réside dans le fait qu'il permet d'obtenir une sensation thermique à partir de plusieurs paramètres : physiques et physiologiques.

Les résultats de la simulation représentés dans les tableaux traduisent les conditions d'ambiances pendant une journée chaude d'été (27 juillet). L'échelle utilisée par le logiciel est :



D'après ces tableaux on peut dire que les votes des usagers sont différents entre les deux heures (6h00 et 15h00).

À 6 h00, les sensations sont comme suit : neutre, légèrement chaud, chaud et très chaud, mais il faut noter que la sensation de neutralité est remarquée seulement pour les habitations M1, M5 et M7. La maison M5 offre les meilleures sensations dans cette période. Etant donné que le PMV de confort est entre -1 et +1, on peut estimer que les maisons (M1, M3, M5, et M7) comportent d'une manière positive, donc le climat intérieur est confortable (plus précisément M1 et M5).

A 15h00, le climat intérieur est chaud, et cela selon les réponses obtenues qui sont: légèrement chaud, chaud et très chaud. Les sensations thermiques extrêmes +2 et +3

sont très remarquées dans les maisons M2, M4, M6 et surtout M2. Ces réponses reflètent la qualité chaude de l'ambiance intérieure durant la période estivale dans la ville de Jijel en absence d'une vitesse de l'air adéquate.

Espace	M1		M2		M3	
	PMV à 6 h00	PMV à 15h00	PMV à 6h00	PMV à 15h00	PMV à 6h00	PMV à 15h00
Séjour	1.61	1.62	0.82	2.5	1.62	2.75
Cuisine	0.38	1.71	1.58	3.09	0.9	2.15
Ch 1	1.15	1.82	1.39	2.39	1.38	2.68
Ch 2	0.95	1.77	1.68	3.59	0.94	2.4
Ch 3	0.16	3.85	1.71	3.01	0.95	2.35
Ch 4	0.51	3.38	/	/	/	/
SAM	/	/	1.15	3.42	0.73	2.11
S.D.B	0.33	1.47	0.77	2.6	/	/
garage	1.70	1.34	/	/	/	/
Buanderie	/	/	/	/	0.82	1.76
Hall d'entrée	/	/	/	/	1.24	1.94

Tableau-IX. 5: Le PMV à M1, M2, M3

Espace	M5		M6		M7	
	PMV à 6 h00	PMV à 15h00	PMV à 6h00	PMV à 15h00	PMV à 6h00	PMV à 15h00
Séjour	1.10	1.09	1.34	1.17	0.67	2.63
Sejour 2	/	/	1.34	1.76	/	/
Cuisine	1.29	1.76	1.66	1.75	1.28	3.31
Ch 1	1.27	0.83	1.34	2.67	0.83	2.35
Ch 2	0.61	2.21	1.43	2.55	0.91	2.27
Ch 3	0.73	2.31	1.35	2.6	0.87	2.98
Ch 4	0.96	1.87	0.99	2.79	1.55	2.44
Ch 5	/	/	1.27	2.83	0.62	2.36
Ch 6	/	/	1.09	2.82	/	/
SAM			/	/	0.95	3.09
S.D.B	0.25	1.77	1.28	2.12	0.7	2.15
S.D.B 2	/	/	/	/	0.73	2.11
Débarras	1.24	0.81	/	/	/	/
Hall (RDC)	/	/	/	/	-0.06	1.63
Hall (en étage)	/	/	/	/	0.73	3.14
garage	/	/	1.18	1.8	/	/

Tableau-IX. 7: Le PMV à M5, M6, M7

Espace	M4	
	PMV à 6h00	PMV à 15h00
<u>Famille 1</u>		
Séjour 3	1.93	4.26
Cuisine 2	1.21	2.64
Ch 4	1.82	2.75
Ch 5	1.96	3.87
<u>Famille 2</u>	/	/
Séjour 2	1.35	1.48
Cuisine 1	1.41	1.35
Ch 2	2.11	2.47
Ch 3	1.72	1.64
<u>Famille 3</u>	/	/
Séjour 1 (RDC)	1.63	1.47
Séjour 4 (en étage)	1.16	2.84
Cuisine 3	0.9	2.94
Ch 1	2.39	2.01
Ch 6	1.27	2.96
Hall (en étage)	0.96	2.8

Tableau-IX.6 : Le PMV à M4

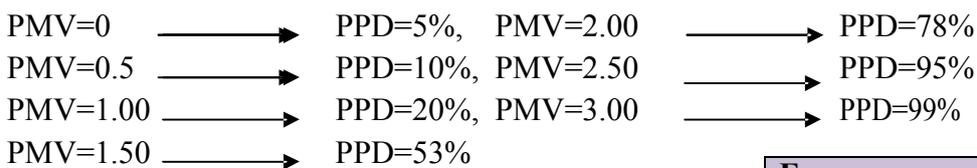
**PPD :**

Le PPD reflète le pourcentage de la population insatisfaite, effectivement ce taux suit les sensations des usagers affichés dans les tableaux précédents. PMV=0, on remarque un taux de 5% des gens qui sont insatisfaits (exemple de M7 à 6h00 dans le hall du RDC). Donc les mêmes principes de remarques à signaler, le PPD est environ 95% durant la période de surchauffe et cela est observé dans M2, M4, M6 et M7. Tandis que pour M5, on n'a pas enregistré ce taux (sauf pour la chambre M3 à l'étage : 91.16%). Pour M1, M3, seulement deux espaces ont connu cette valeur. D'après ces tableaux, on peut déduire le suivant :

**Pour la période nocturne :** la maison M1 est la plus confortable, ensuite on trouve M7, M5, M3, M6 et finalement les habitations qui représentent les ambiances les plus chaudes on trouve : M2 et M4, et cela confirme les courbes des températures opératives affichées sur le graphe (IX.13)

**Pour la période diurne :** la période la plus défavorable pour le confort où on remarque que la majorité des pourcentages de PPD sont au dessus de 50%, mais avec une différence entre les maisons. L'habitation M 2 est la plus défavorable, puis on trouve M4 et M6. Et finalement M7, M3 et M1.

D'après l'ensemble des tableaux de PMV et PPD, on peut faire une correspondance entre les valeurs de PMV et le PPD, et cela comme ce qui suit :



Espace	M1		M2		M3	
	PPD à 6 h00	PPD à 15h00	PPD à 6h00	PPD à 15h00	PPD à 6h00	PPD à 15h00
	Séjour	62.15	58.29	23.12	94.84	60.08
Cuisine	10.5	65.13	58.05	99.59	23.49	85.41
Ch 1	35.06	71.41	46.43	93.14	47.65	96.02
Ch 2	31.69	65.82	62.76	99.99	26.13	91.70
Ch 3	5.82	99.99	65.24	99.29	26.72	90.54
Ch 4	10.58	99.99	/	/	/	/
SAM	/	/	42.99	99.92	19.97	84.16
S.D.B	7.88	51.19	21.01	95.39	/	/
garage	62.18	43.33	/	/	/	/
Buanderie	/	/	/	/	20.49	70.41
Hall d'entrée	/	/	/	/	38.18	74.27

Tableau-IX.8 : Le PPD à M1, M2, M3

Espace	M4	
	PPD à 6h00	PPD à 15h00
Famille 1		
Séjour 3	79.43	99.99
Cuisine 2	33.75	96.17
Ch 4	67.77	97.59
Ch 5	78.83	99.99
Famille 2	/	/
Séjour 2	49.16	47.62
Cuisine 1	49.99	41.42
Ch 2	82.43	92.38
Ch 3	63.65	58.51
Famille 3	/	/
Séjour 1 (RDC)	63.32	50.25
Séjour 4 (en étage)	33.41	98.60
Cuisine 3	23.29	98.86
Ch 1	92.57	77.96
Ch 6	38.61	98.67
Hall (en étage)	28.55	98.20

Tableau-IX.9 : Le PPD à M4 226

Espace	M5		M6		M7	
	PPD à 6 h00	PPD à 15h00	PPD à 6h00	PPD à 15h00	PPD à 6h00	PPD à 15h00
Séjour	33.22	33.06	41.63	34.83	14.30	95.84
Sejour 2	/	/	41.63	64.73	/	/
Cuisine	42.43	64.83	62.80	62.93	40.88	99.83
Ch 1	42.39	22.4	43.63	96.58	17.42	89.02
Ch 2	14.32	85.27	50.67	95.50	24.24	86.53
Ch 3	17.31	91.16	46.72	95.77	25.53	99.33
Ch 4	25.10	72.74	30.12	98.04	54.61	91.47
Ch 5	/	/	38.19	98.36	33.01	89.56
Ch 6	/	/	30.64	97.95	/	/
SAM	/	/	/	/	25.83	99.49
S.D.B	6.61	64.14	40.10	80.89	15.90	81.47
S.D.B 2	/	/	/	/	18.25	79.35
Débarras	35.46	20.32	/	/	/	/
Hall (RDC)	/	/	/	/	5.06	58.58
Hall (en étage)	/	/	/	/	19.29	99.53
garage	/	/	35.62	52.10	/	/

Tableau-IX.10 : Le PPD à M5, M6, M7

### IX.3.2.4- Analyse paramétrique :

#### IX.3.2.4.1-Effet de la hauteur :

Dans cette partie on s'intéresse aux effets de la variation de la hauteur sur les températures moyennes intérieures et le PMV, pour une largeur et une longueur constantes (5.14X7.35m), la simulation a été déroulée sur la maison M1 selon quatre profils qui sont : h, 2h, 3h, 4h où ces hauteurs correspondent à des maisons respectivement avec un seul niveau, deux niveaux, trois niveaux et quatre niveaux, h est l'équivalent de 3.4m, et toutes les maisons sont orientées selon l'axe : Nord-est/Sud-ouest. Ces hauteurs sont les plus fréquentes dans un milieu urbain, ainsi ces proportions représentent les hauteurs des cours les plus abordées dans l'analyse typo-morphologique des maisons de la période coloniale dans notre échantillon. La figure suivante montre les quatre cas à analyser.

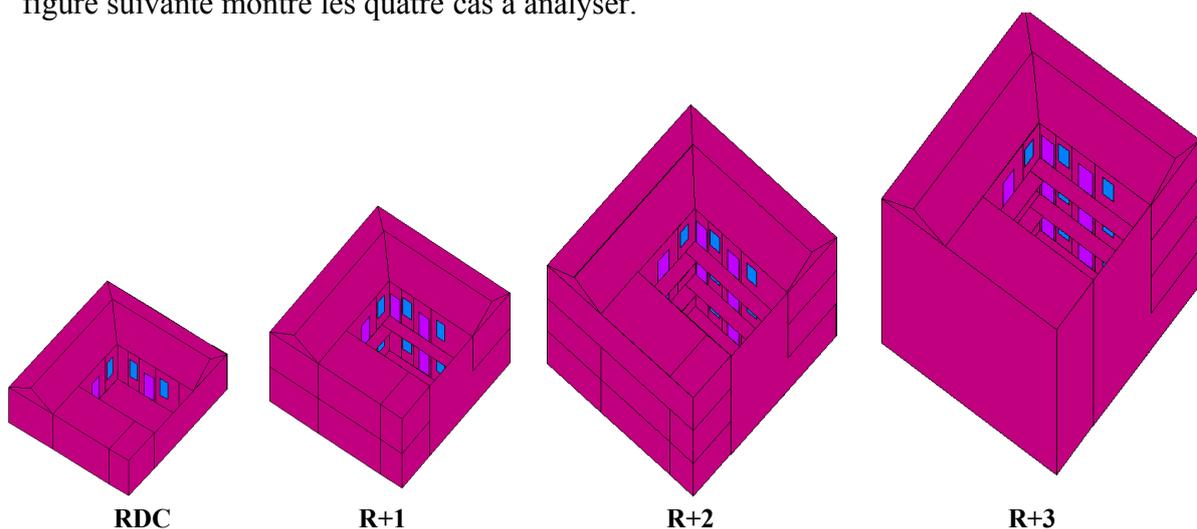
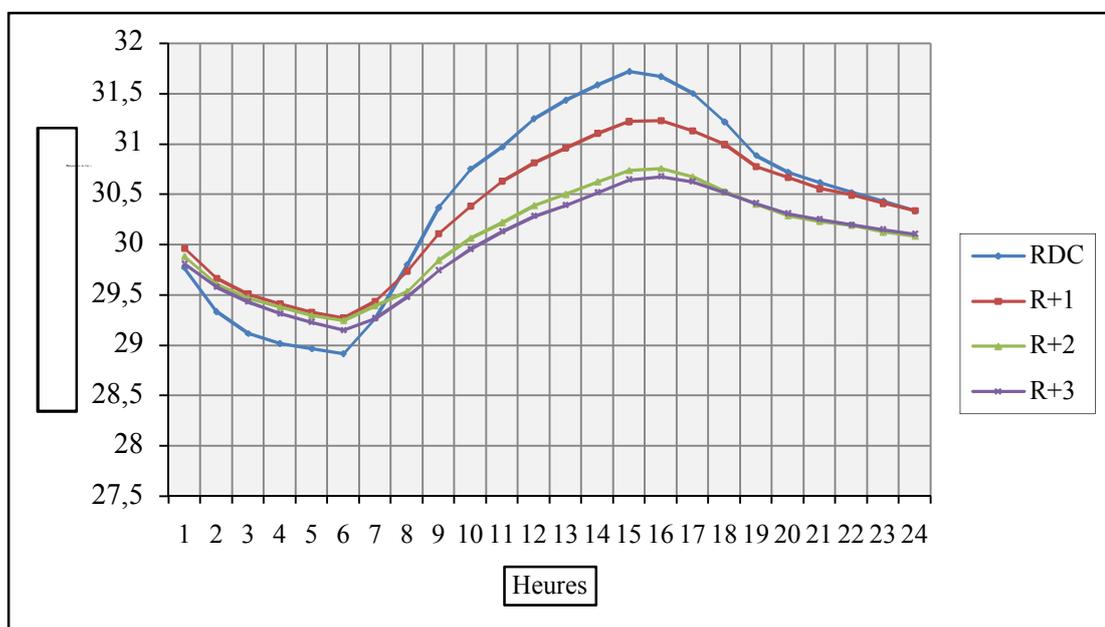


Figure-IX.13 : 3D sur les cas simulés (hauteur)

Les résultats obtenus sont représentés dans le graphe (IX.14). La lecture des quatre courbes permet de ressortir les remarques suivantes :

- ☛ Les courbes se superposent selon le nombre des étages, globalement, les températures les moins élevées sont observées au niveau d'une habitation (R+3), alors que les plus élevées reviennent à la maison en un seul niveau.
- ☛ La différence est presque la même entre la maison RDC et R+1 et entre R+1 et R+2 pendant la période diurne, mais on remarque que l'écart est négligeable entre l'habitation avec trois niveaux et celle avec quatre niveau.
- ☛ L'écart est peu perceptible entre une maison avec un seul niveau et deux niveaux, où on a enregistré une différence maximale de  $0.49^{\circ}\text{C}$  à 15h00. Ces deux courbes se croisent aux heures suivantes : 7h30 et 22h00, cela signifie qu'en présence des rayons solaires, la maison avec deux niveaux est plus protégée que la maison en RDC, mais pendant la nuit c'est le vice versa, on remarque que les températures de la maison en un seul niveau descend grâce au phénomène de réémission des radiations de grandes longueurs d'onde vers la voute céleste.
- ☛ On a enregistré les plus grandes valeurs des écarts entre les ( $T_{mi}$ ) de l'habitation en un seul niveau et une maison avec quatre niveaux, avec une différence de  $1.07^{\circ}\text{C}$  signalé à 15h00. Cela explique l'effet de la hauteur sur les températures intérieures par l'effet de l'ombrage, plus la hauteur est importante plus le pourcentage de la surface ombragée est grand, donc la protection au soleil est plus grande en augmentant la hauteur du patio.

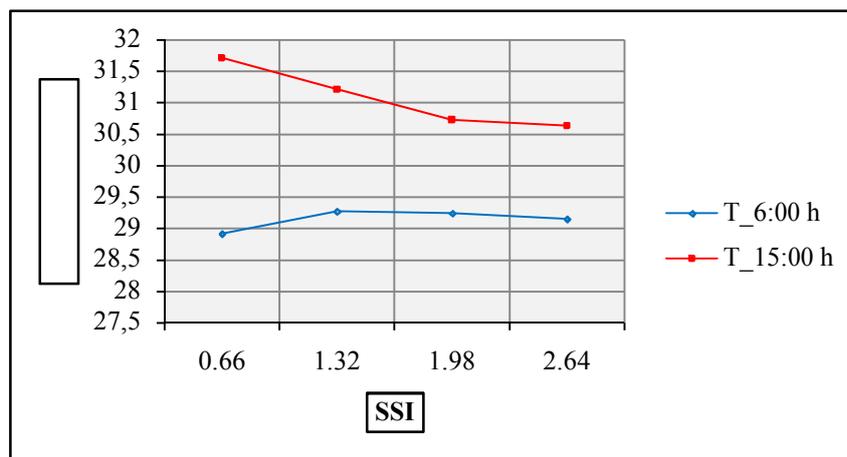


**Graphe-IX.14 : Variation horaire de la température moyenne intérieure selon la hauteur (RDC, R+1, R+2, R+3)**

### **➤ Comparaison entre les températures moyennes intérieures (à 6h00 et 15h00) selon le SSI :**

Le graphe (IX. 15) indique l'effet du ratio SSI du patio sur les températures moyennes à 6h00 et 15h00, SSI=0.66 signifie que le patio est superficielle de ce fait, la température intérieure à 15h00 est la plus élevée (31.71 °C). Aussi, on remarque que l'augmentation du ratio (avec un pas de 1/4) a engendré une diminution de la température environ 0.5 °C, sauf entre le ratio 1.98 et 2.64 on remarque que l'écart est insignifiant. La différence entre le max et le min est de 1.07°C.

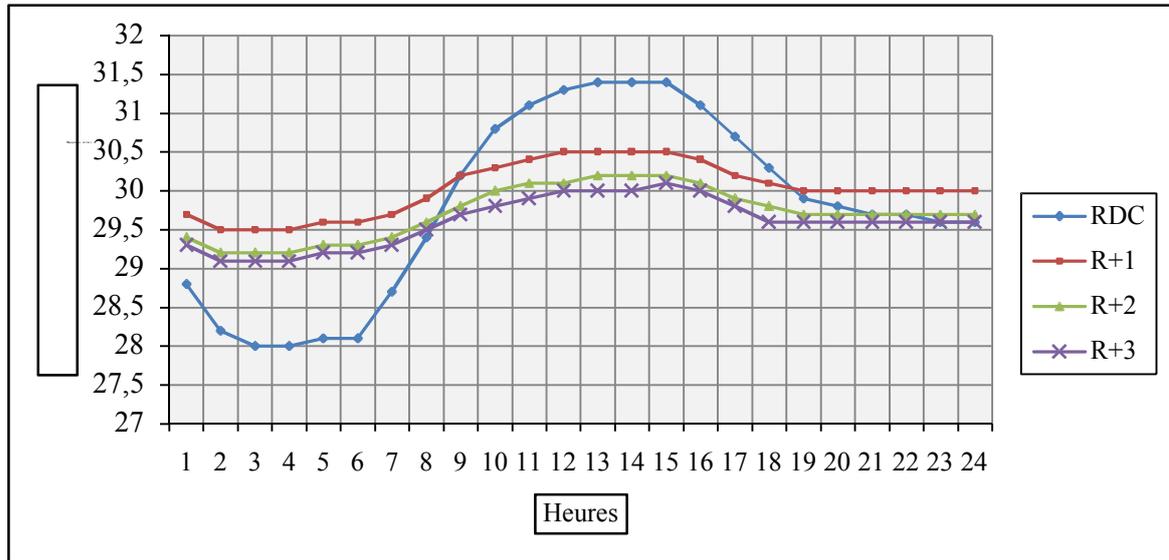
A 6h00, l'analyse montre un écart peu considérable entre les températures des différents ratios. La valeur minimale est observée au niveau de la maison avec un ratio de (0.66), alors que les autres ratios prennent des mêmes valeurs.



**Graphique-IX. 15: Comparaison entre les températures moyennes intérieures selon le SSI à 6h00 et 15h00**

### **➤ Comparaison entre les températures moyennes intérieures pour les différentes hauteurs testées (Séjour) :**

Ces courbes prennent les mêmes allures à celles représentées dans le graphe (IX.14). Les températures dans le séjour sont variables selon la hauteur de chaque maison. Elles sont très variables pour la maison avec un seul niveau par rapport aux autres habitations, alors que ces dernières possèdent des températures assez stables, avec un écart maximal de 1.4°C entre la maison avec un seul niveau et une autre en R+3 à 13h00 et 14h00. Cela explique l'influence de la hauteur sur la surface ombragée de l'enveloppe intérieure du patio et de ce fait sur les températures intérieures (pendant la journée). Durant la nuit la maison en RDC permet de rafraîchir la structure par le baie de déstocker la chaleur emmagasinée, alors lorsqu'il s'agit d'une habitation en R+3, cette pièce trouve une difficulté de libérer l'énergie absorbée durant la période diurne. Entre une maison en R+2 et R+3 on trouve une différence peu perceptible.

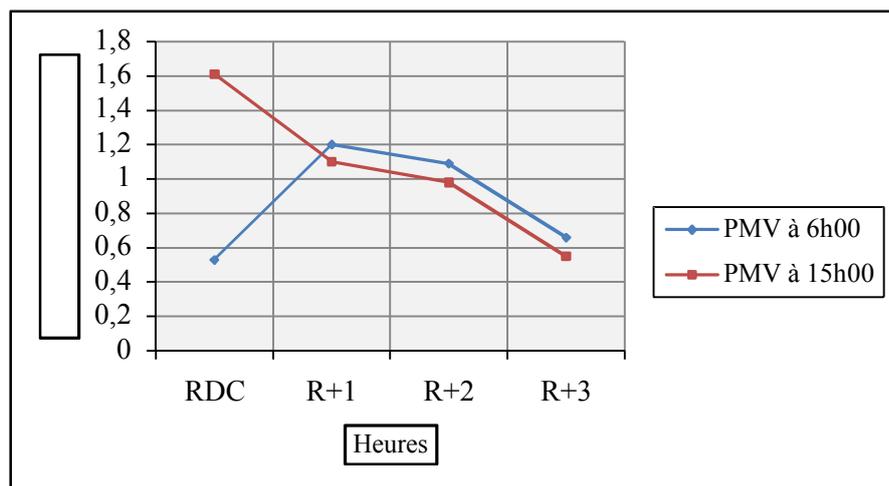


Graph-IX. 16: Comparaison entre les températures moyennes intérieures pour différentes hauteurs testées

**Le PMV à 6h00, 15h00 pour les différentes hauteurs testées (séjour) :**

Le graphe suivant montre les valeurs de PMV à 6h00 et 15h00 suivant les différentes hauteurs analysées. D’après les résultats affichés dans le graphe, on peut déduire ce qui suit :

- Globalement, il n’y pas une grande différence entre les cas étudiés sauf les résultats d’une maison avec un seul niveau, le PMV= 0.53 (à 6h00), ce qui implique que l’ambiance thermique est confortable. A 15h00 où la chaleur est élevée, les usagers déclarent que c’est chaud (PMV= 1.6). Donc, on peut dire que cette maison connaît des ambiances thermiques contrastes entre les deux heures extrêmes dans cette journée.
- Par contre les maisons (R+1, R+2 et R+3) connaissent une différence légère en terme de PMV, il est clair que plus la maison est haute plus le PMV est réduit. D’autre part le PMV à 6h00 est plus grand que PMV 15h00. A cet effet on peut déduire que la chaleur est encore présente à l’intérieur du séjour à cause du manque de ventilation et par effet de l’inertie des parois qui a emmagasiné la chaleur la plus importante de la journée.



Graph-IX. 17: Le PMV à 6h00, 15h00 pour les différentes hauteurs testées (séjour)

### IX.3.2.4.2-Effet de l'ouverture au ciel ( $R_2=S/Hm$ ):

Pour tester si l'ouverture au ciel a un effet significatif sur la température moyenne intérieure de la maison M1, une comparaison a été effectuée entre quatre propositions où on a fait la réduction de l'ouverture au ciel en gardant les mêmes proportions, ces cas sont :  $R_{2\_a}=5.57$  (ce ratio représente le cas réel),  $R_{2\_b}=4.19$ ,  $R_{2\_c}=2.73$ ,  $R_{2\_d}=1.28$  ces ratios représentent respectivement les rapports suivants 1/1, 1/4, 1/2, 3/4 (voir figure-IX.14). On a aussi fixé quelques paramètres : l'habitation en R+1, les espaces sans apports internes, l'orientation selon l'axe Nord-est/Sud-ouest.

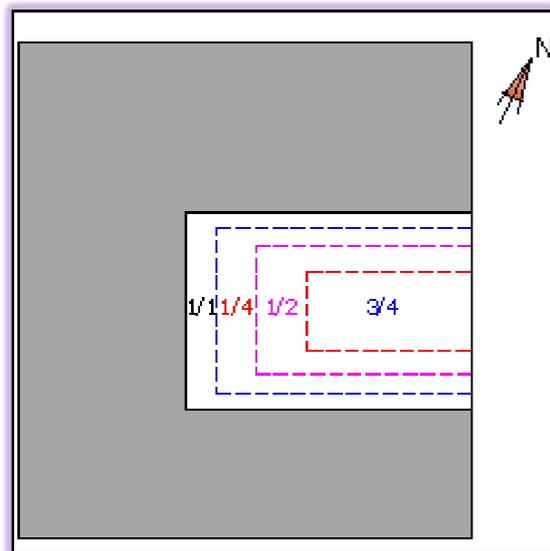


Figure-IX.14 : les cas testés (ouverture au ciel)

Le présent graphe (IX.18) montre une différence peu perceptible entre les différentes situations étudiées, où :

✎ Il est tout à fait clair que les températures moyennes intérieures pour le cas réel ( $R_{2\_a}=5.57$ ) sont plus élevées que le quatrième cas ( $R_{2\_d}=1.28$ ), on signale un écart max entre les deux ratios de  $0.55^{\circ}\text{C}$  à 10h00, et un écart min de  $0.22^{\circ}\text{C}$  à 18h00.

✎ Pendant la période diurne, on remarque une différence négligeable entre les températures moyennes intérieures relatives aux ratios ( $R_{2\_a}=5.57$ ) et ( $R_{2\_b}=4.19$ ) vu que la diminution de l'ouverture est aussi petite (elle représente le 1/4). Pour les autres cas plus on réduit l'ouverture au ciel, plus on remarque une diminution de  $T_{mi}$ .

✎ Durant la nuit, on trouve aussi le rapprochement de deux courbes qui sont relatives aux ratios ( $R_{2\_b}=4.19$ ) et ( $R_{2\_c}=2.73$ ), cela signifie que les formes géométriques comportent de la même manière (la même capacité de décharger la chaleur diurne).

✎ Le ratio ( $R_{2\_d}=1.28$ ) offre les températures les plus basses durant les deux périodes nocturne et diurne grâce à l'efficacité de la forme. Cette configuration ne permet pas à une

grande quantité des radiations d'entrer à l'intérieur de l'espace habitable, mais aussi grâce à l'effet de l'inertie thermique, car cette forme donne un ombre qui participe à garder la fraîcheur dans la maison.

✿ D'une manière générale, on trouve une corrélation faible entre le taux d'ouverture au ciel et la température moyenne intérieure, et plus le  $R_2$  augmente, plus  $T_{mi}$  s'élève.

On peut dire que l'effet d'ouverture au ciel est peu perceptible pour ces cas étudiés, cela est dû principalement à la hauteur du soleil très élevée dans le ciel pendant la période estivale.



Graph-IX.18 : Variation horaire de la température moyenne intérieure selon le taux d'ouverture du patio (M1)

#### IX.3.2.4.3-Effet de l'orientation :

La figure (IX.15) présente l'ensemble des orientations testées, le rectangle en rouge montre la disposition réelle de la maison (M1) et les autres en trait discontinu se sont les cas simulés avec un pas de  $10^\circ$  et  $15^\circ$  près des axes orthogonaux. Donc les formes tracent un angle de  $180^\circ$ . L'orientation réelle de la maison est pivotée à  $25^\circ$  par rapport à l'axe Est-ouest (l'habitation est disposée selon l'axe Nord-est/Sud-ouest).

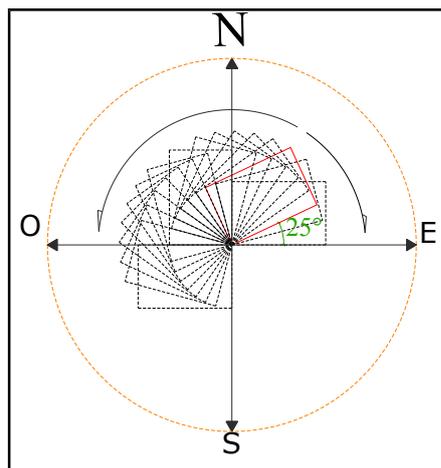
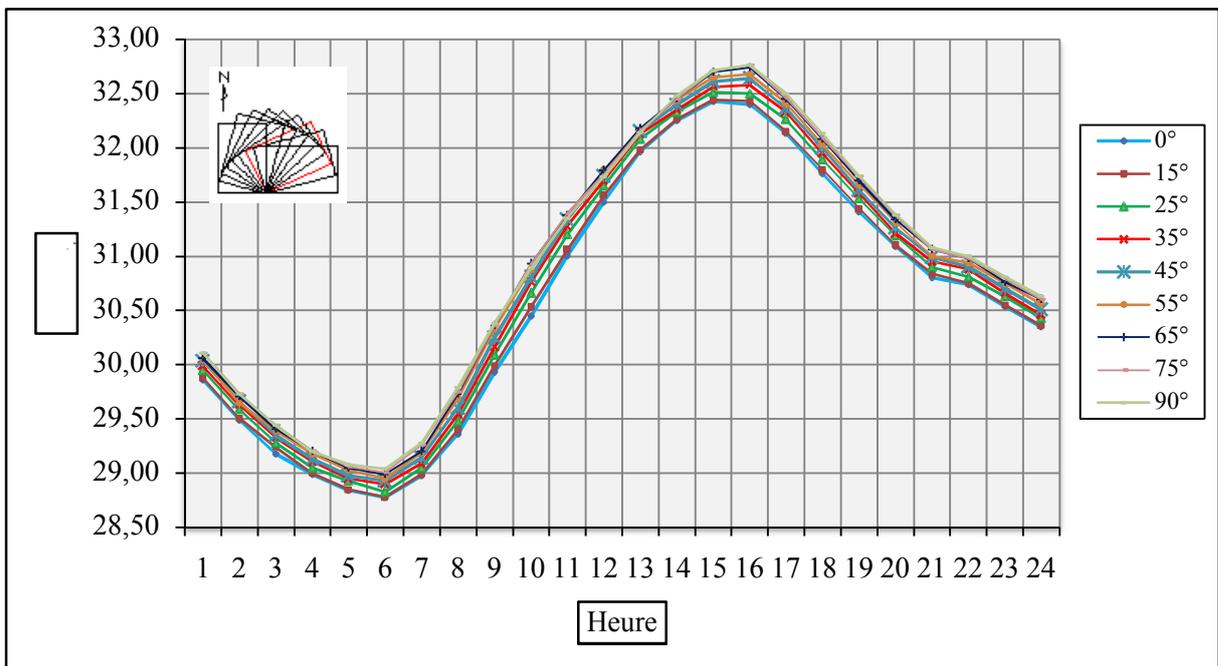


Figure-IX.15 : Les orientations testées (M1)

Les résultats de la simulation représentés dans les graphes (19 et 20) montrent l'effet de l'orientation de la maison sur les ambiances intérieures durant la période estivale. Pour déterminer l'orientation la plus favorable, une comparaison a été effectuée entre les variations de la température intérieure pour chaque orientation testée.

Le graphe (IX.19) montre les courbes des températures moyennes intérieures ( $T_{mi}$ ) pour les angles de (0 à 90°), lors du calcul de la moyenne arithmétique, on remarque que quelque soit l'orientation celle-ci reste la même ou plus précisément sans une différence perceptible, où le minimum des températures est signalé à 6h00 de 28.78°C remarqué avec un angle de 0° (orientation selon l'axe Est-ouest), alors que le maximum est de 32.71°C signalé avec l'orientation 90°. Les valeurs des ( $T_{mi}$ ) pour l'orientation selon l'axe Est-ouest restent les moins élevées par rapport à l'orientation Nord-sud avec une différence maximale de l'ordre de 0.45 °C remarquée à 9h00.

D'une manière générale, le comportement thermique est encore mieux pour une orientation en plein Nord, et cela confirme que les orientations qui reçoivent les grandes quantités d'énergie à travers les parois et les fenêtres engendrent des ambiances thermiques les plus chaudes.

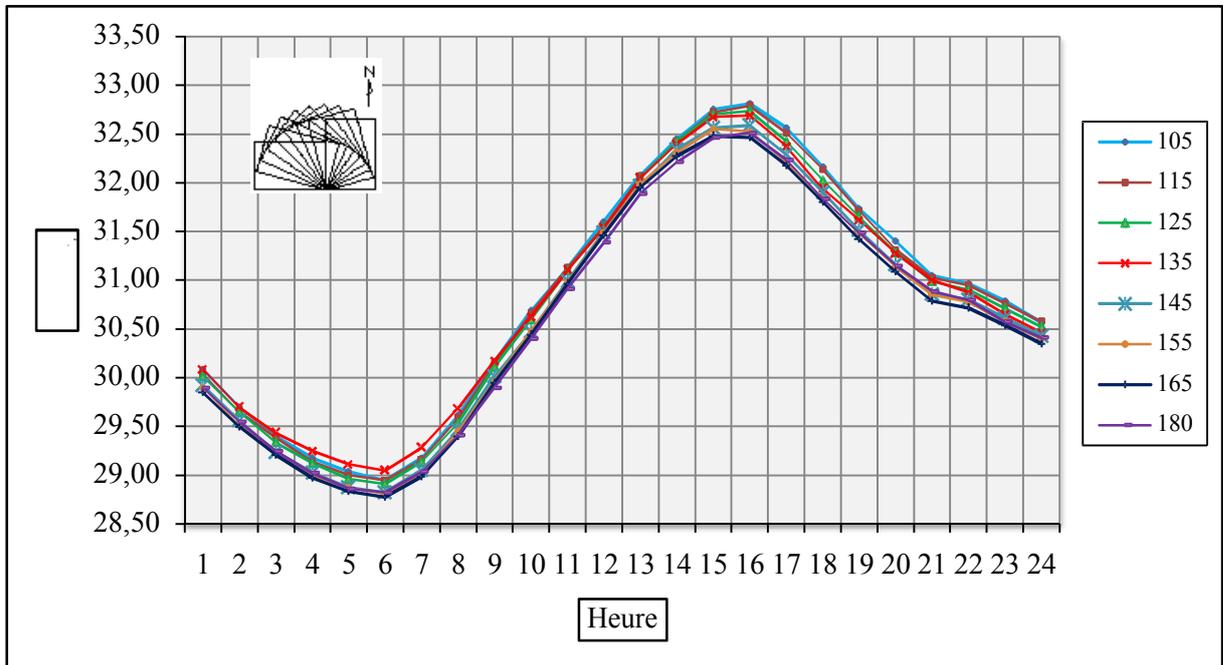


**Graphique-IX.19: Variation horaire de la température moyenne intérieure pour les angles : 0-90°**

D'après le graphique (IX.20), on remarque que les ( $T_{mi}$ ) ont presque les mêmes valeurs et les mêmes allures que celles présentés dans le graphique précédent, donc les mêmes tendances observées. Les températures moyennes intérieures sont presque similaires pour toutes les orientations de (105 à 180°), les orientations qui sont proches de l'axe Nord-sud présentent les

températures les plus élevées avec une différence peu perceptible par rapport à l'orientation selon l'axe Est-ouest ( $108^\circ$ ) où le maximum est obtenu à 17h00 de  $0.33^\circ\text{C}$ .

On peut dire que plus l'orientation se dirige vers l'axe Nord-sud plus la température moyenne intérieure augmente. Cela s'explique par le degré d'exposition des façades aux rayons solaires.



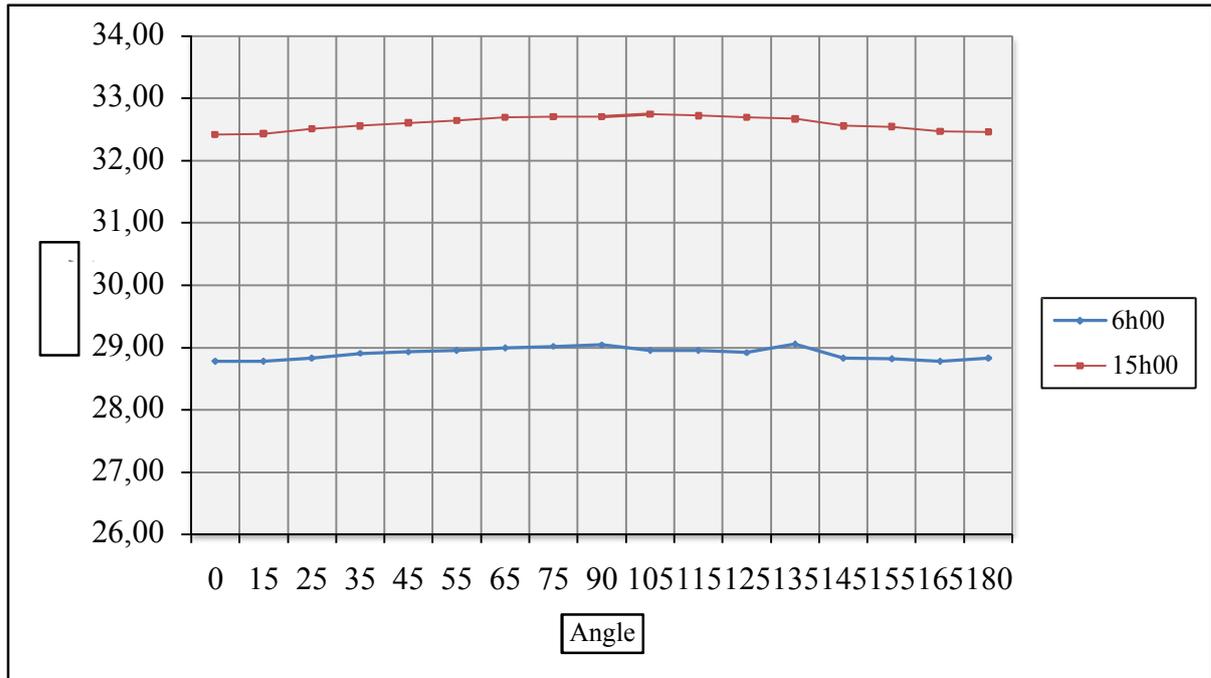
Graphique-IX.20: Variation horaire de la température moyenne intérieure pour les angles : 105-180°

#### ↳ Les températures moyennes intérieures à 6h00 et 15h00 :

Le graphique présenté ci-après montre les résultats obtenus des ( $T_{mi}$ ) à 6h00 et 15h00 pour toutes les orientations. Il semble que quelque soit l'orientation et le moment de la journée il existe une compensation entre les températures des espaces ce qui engendre une moyenne assez stable, mais il reste que l'orientation selon l'axe Nord-sud ( $90^\circ$ ) présente la température moyenne la plus élevée pour les deux heures (à 6h00 et 15h00), car cette disposition représente la forme la plus exposée au soleil, en rejoignant le résultat de Reynolds.J sur une maison en Espagne allongée selon l'axe Nord-Sud où il a trouvé, à midi seulement 4/5 du patio se trouve à l'ombre, cela est dû à la position du soleil très élevée et donc les façades Est et Ouest reçoivent les plus grandes quantités d'énergies incidentes.

Alors que les températures minimales sont remarquées pour l'orientation selon l'axe Est-ouest ( $0$  et  $180^\circ$ ).

De ce fait, il est nécessaire de travailler avec des espaces pour faire ressortir la différence d'une manière plus claire. Pour ce faire on a choisi un espace se situe au RDC (séjour) orienté vers le sud. Les résultats sont affichés dans le graphe suivant (IX.22)



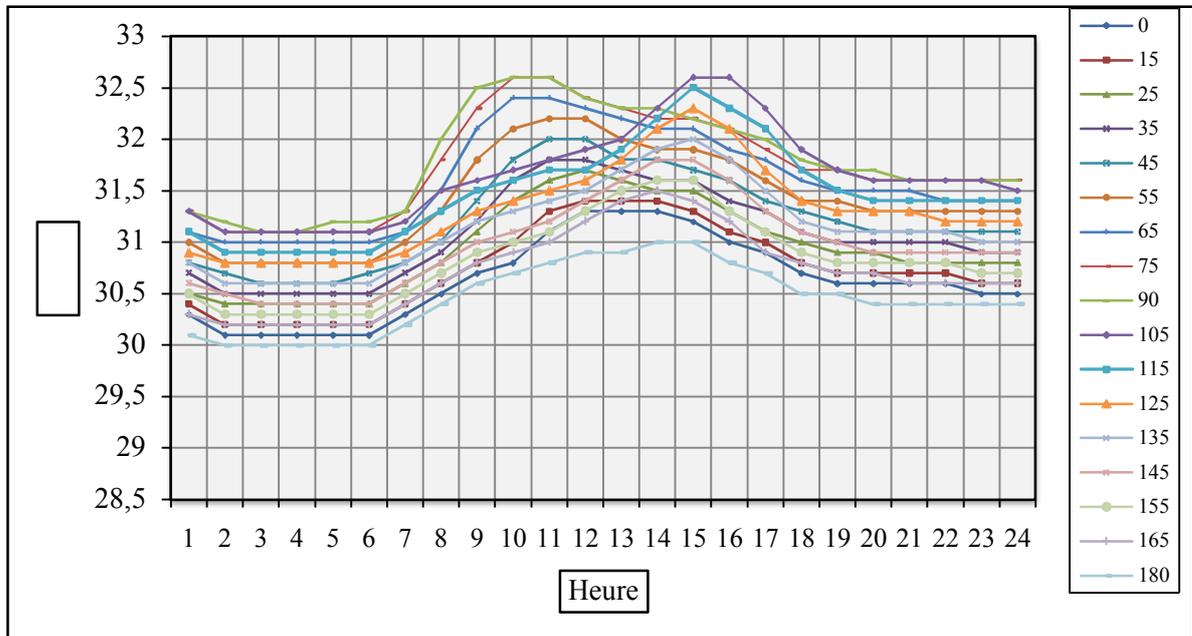
**Graph-IX. 21: Comparaison entre les températures intérieures à 6h00 et 15h00  
(Angle : 0-180°)**

### **Les résultats obtenus pour le Séjour :**

D'après le graphe (IX.22), on signale les notes suivantes :

- ✎ Les dispositions de la maison dans la première partie de (0 à 90°) comportent de la même manière que les autres orientations seulement la différence se réside dans un décalage horaire, les deux parties tracent une forme symétrique, car les parois pour les angles (0 à 90°) et (90 à 180°) soumises aux conditions d'ensoleillement identiques étant donné que la course journalière du soleil est symétrique.
- ✎ Pour les angles (0 à 90°) les températures durant la nuit sont plus ou moins stables, mais pendant la journée, on remarque une augmentation progressive jusqu'à 11h00 puis diminue lentement après cette heure, alors que les autres angles ont connu la même forme, chaque température se trace d'une manière symétrique par rapport aux premières courbes suivant l'heure (13h00).
- ✎ L'orientation suivant l'axe Nord-sud présente les apports solaires les plus importants, qu'il faut l'éviter. L'écart entre la mauvaise orientation et la meilleure est de l'ordre de 1.90°C et cela est observé à 9h00 et 10h00. Les angles 0° et 180° représentent respectivement les orientations suivantes le sud et le nord, ces derniers sont considérées a priori les plus favorables, mais n'a pas les mêmes effets, or l'orientation Nord a permis un abaissement maximal de la température de 0.4°C par rapport à l'orientation Sud (à 12h00 et 13h00). On renforce nos résultats avec ceux

D'IZARD. J.L, 1993 : « dans les latitudes intertropicales où les saisons sont peu marquées et où le soleil se présente essentiellement de manière zénithale, le choix entre le Sud et le Nord est à peu près indifférent »<sup>3</sup>. Alors que le Sud offre les apports solaires les plus faibles en été, après le plein Nord.



Graphique-IX. 22: Variation horaire de la température intérieure dans le séjour (Angle : 0-180°)

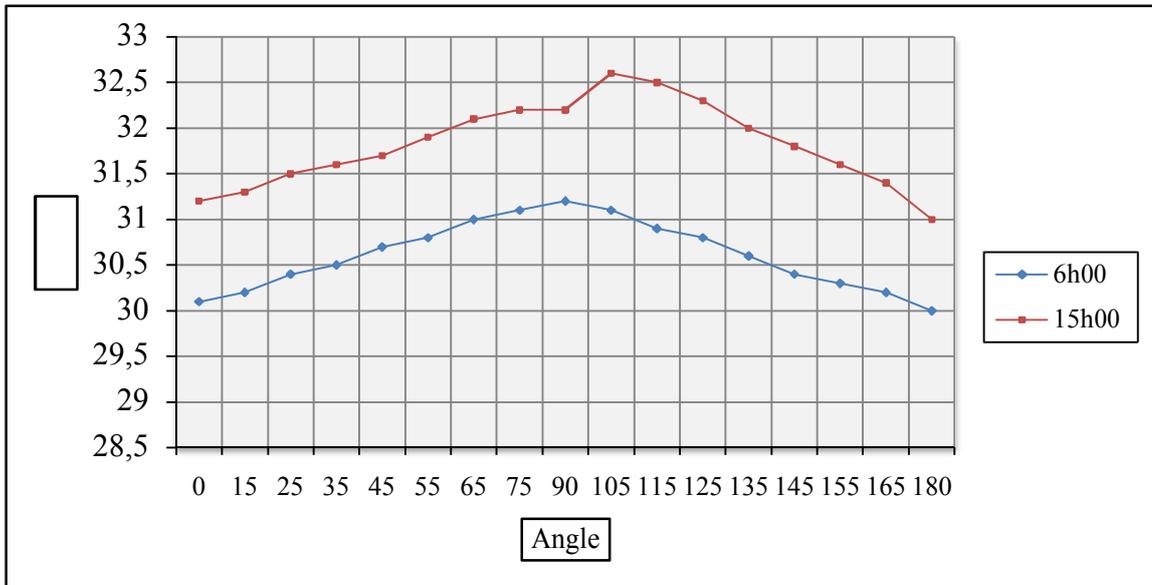
#### ➤ Les températures moyennes intérieures à 6h00 et 15h00 :

La visualisation des résultats issus de la simulation, nous permet d'identifier la première lecture du graphe (IX.23) fait constater :

- Une supériorité visible de la température moyenne intérieure simulée à 15h00 et celle du 6h00.
- À 6h00, les températures tracent une courbe convexe symétrique par rapport à l'orientation 90°, mais en présence de l'ensoleillement ce n'est pas le cas, on signale une augmentation de la température où elle atteint son maximale de 32,6 °C avec l'angle de 105°, la courbe donc présente une asymétrie, ce qui explique que l'orientation Nord-ouest/Sud-est est plus défavorable que l'orientation Nord-est/Sud-ouest, cela peut s'expliquer par l'effet de cumul de l'énergie solaire. Alors qu'il est aussi à signaler que les températures les moins élevées sont observées avec l'orientation Nord, où le minimum est de 31°C, donc un écart de 1,6°C entre les deux directions les plus extrêmes. Et cela confirme ce qui déjà validé dans les expériences bioclimatique dans le domaine de l'habitat sur l'effet de ces deux orientations.

<sup>3</sup> Izard Jean-Louis, architecture d'été : construire pour le confort d'été, édition EDISUD, Aix de Provence, France, 1993, p : 2

- Cette symétrie explique que les parois latérales de l'enveloppe interne du patio (c'est à dire la paroi Est et Ouest) reçoivent les mêmes quantités d'énergie. Mais il reste que la paroi Ouest a connu un retard temporel pour tracer la même allure que la paroi Est.



**Graphique-IX.23 : Comparaison entre les températures intérieures à 6h00 et 15h00  
(pour le séjour orienté Sud)**

➤ **Effet de l'orientation sur une forme allongée :**

Le graphique (IX.24) montre l'effet de l'orientation sur les températures moyennes intérieures de la maison M2 et cela suivant les trois orientations présentées dans la figure (IX.16). Les trois courbes prennent la même forme où :

- Les orientations selon l'axe Est-ouest et Nord-ouest/Sud-est prennent presque les mêmes valeurs avec une supériorité pour l'orientation selon l'axe Nord-ouest/Sud-est surtout pendant la journée.
- Les températures les plus importantes sont remarquées au niveau de l'orientation suivant l'axe Nord-sud, et les valeurs minimales sont remarquées au niveau de l'orientation Est-ouest, où on a signalé un écart max à 16h00 de 0,69 °C, alors que l'écart min est observé à 9h00 de 0,11°C.
- La comparaison entre ce graphique et le graphique (IX.19) nous permet de déduire que l'effet de l'orientation sur une forme rectangulaire allongée est plus significatif qu'une forme rectangulaire. Pour cette dernière le max est de 0,45 °C remarquée à 9h00, et le min est de 0,21°C à 4h00 (la différence entre les températures pour les orientations selon l'axe Est-ouest et Nord-sud), mais à part la différence dans les heures où chaque forme a connu sa minimum et maximum, on trouve un écart entre les valeurs

maximales  $0.24^{\circ}\text{C}$ , alors que la différence entre les valeurs minimales n'est pas perceptible ( $0.1^{\circ}\text{C}$ ).

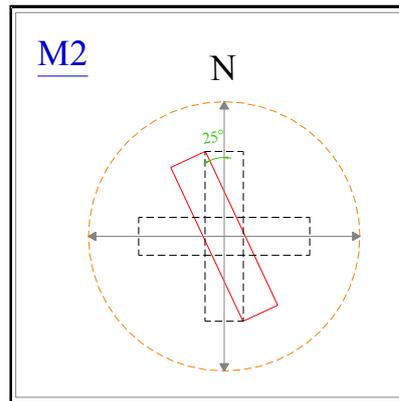


Figure-IX.16 : Les orientations testées (M2)

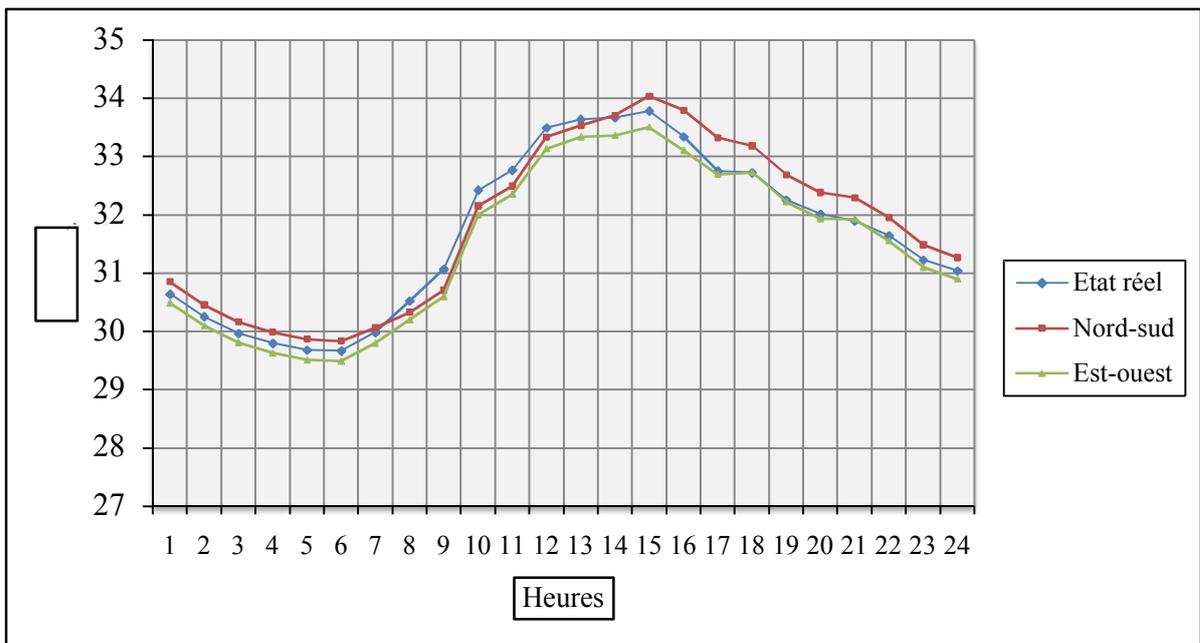


Figure-IX.24 : Variation horaire de la température moyenne intérieure (M2) pour trois orientations ( $0^{\circ}$ - $90^{\circ}$ - $105^{\circ}$ )

#### IX.3.2.4.4-Effet de la mitoyenneté :

D'abord on a testé l'effet de chaque mitoyen sur la température de l'air et la température surfacique intérieure pour la maison (M1), ensuite l'étude est portée sur l'effet de nombre des mitoyens sur les températures intérieures moyennes.

Dans cette partie de l'investigation on a opté les conditions suivantes : les espaces intérieurs sans apports internes, la maison est orientée selon l'axe Est-ouest, les murs de l'enveloppe externe et interne ont les mêmes épaisseurs (notant que l'état initial de la maison présente des épaisseurs différentes). Pour mieux comprendre l'effet de chaque mitoyen sur les températures intérieures et les températures surfaciques on a fait des simulations avec et sans

protection (mitoyen) pour des espaces orientés (Est, Sud, Ouest et Nord) et cela conformément au protocole suivant :

- ☛ Effet de protéger la façade extérieure Est : Pour savoir l'effet de protéger la façade Est de l'enveloppe externe du patio on a fait une comparaison entre la température de l'air dans le SDB sans et avec protection, ensuite on a déduit l'écart entre les deux situations.
- ☛ Effet de protéger la façade extérieure sud: on a pris pour ce faire : la cuisine
- ☛ Effet de protéger la façade extérieure Ouest : la chambre 1
- ☛ Effet de protéger la façade extérieure Nord : le Séjour

La figure (IX.17) illustre les cas testés.

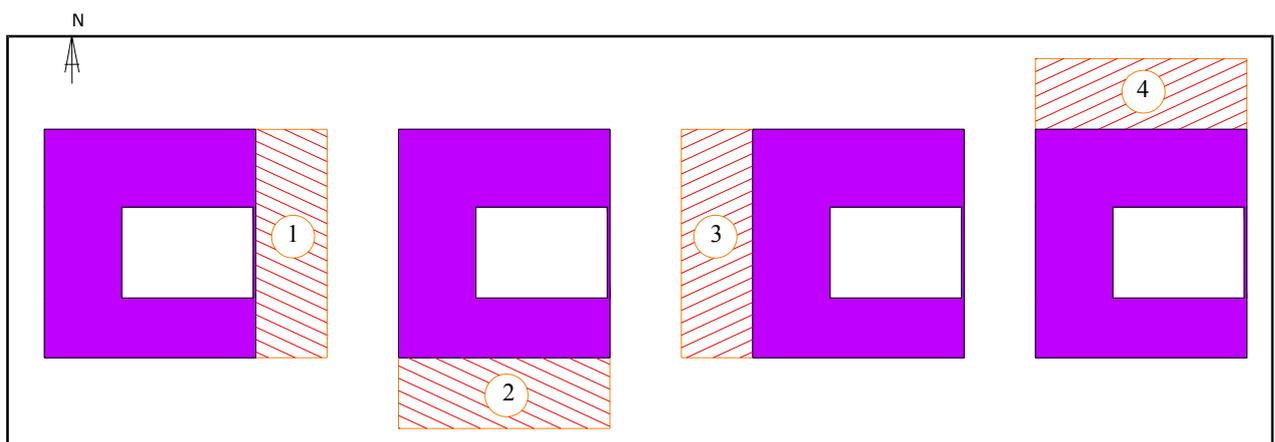
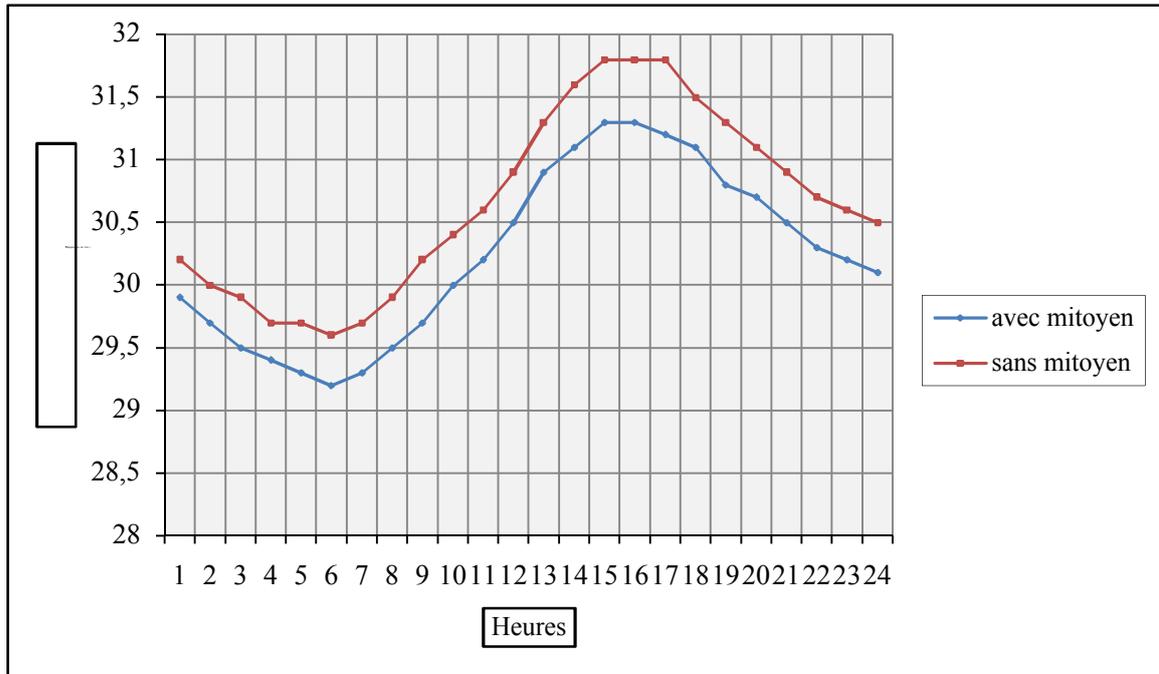
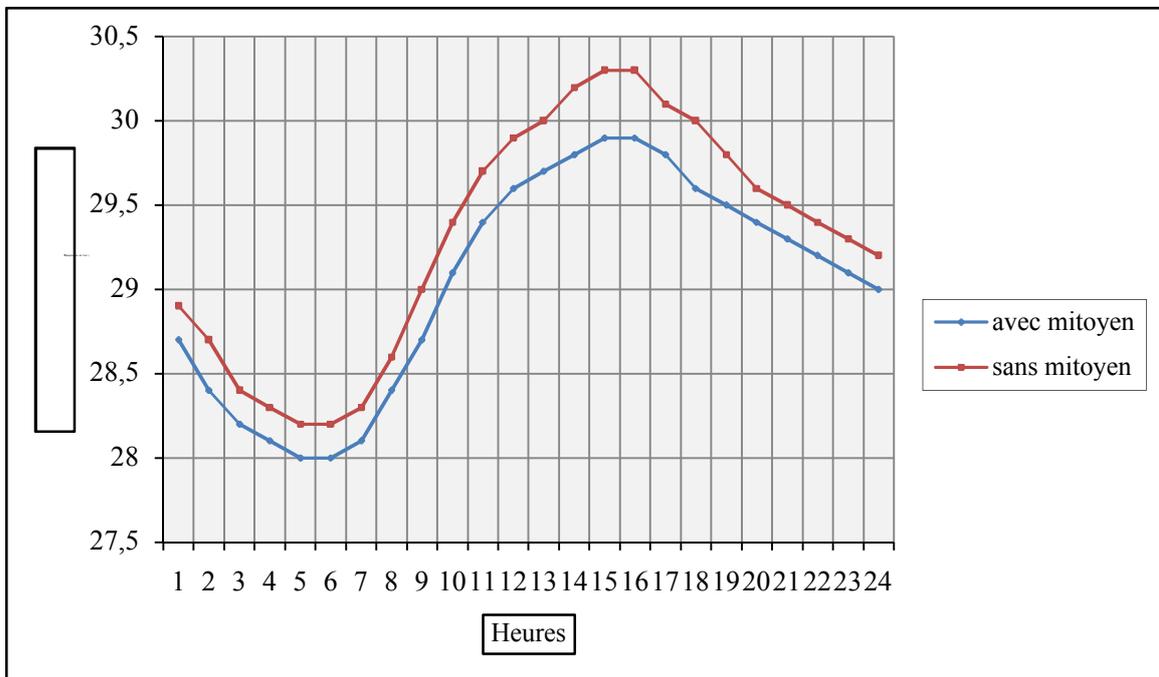


Figure-IX.17 : les cas simulés (les mitoyennetés), scénario 1

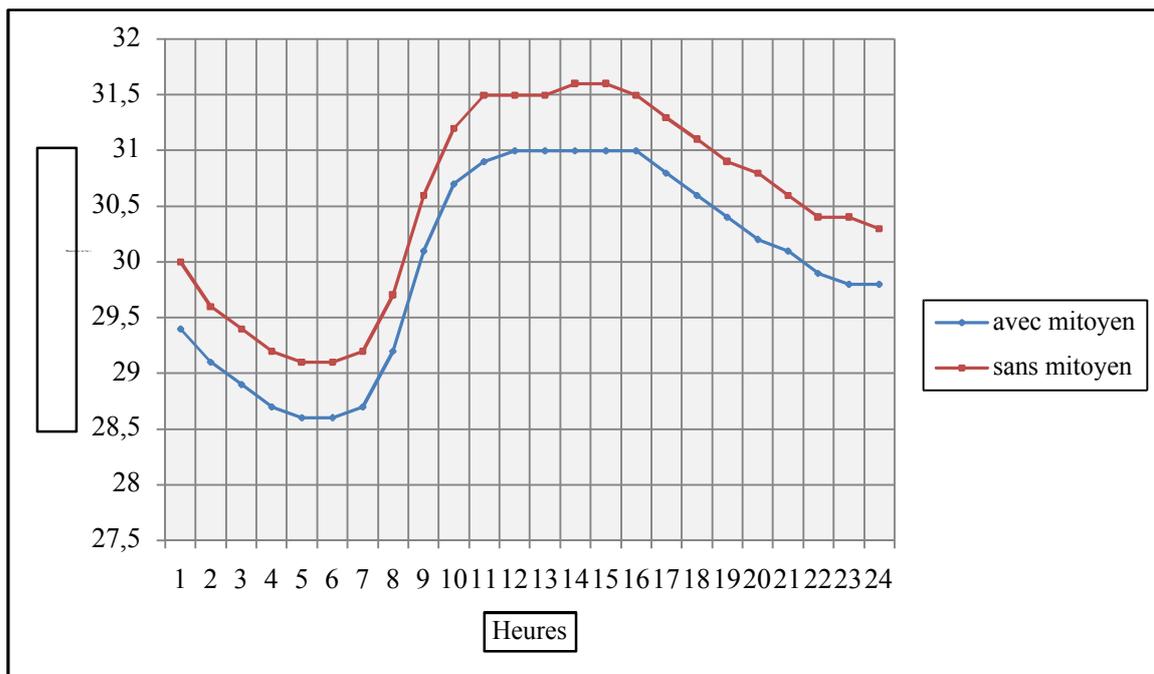
Les graphes suivants (25, 26, 27, 28) montrent les températures moyennes intérieures pour les espaces cités au dessus :



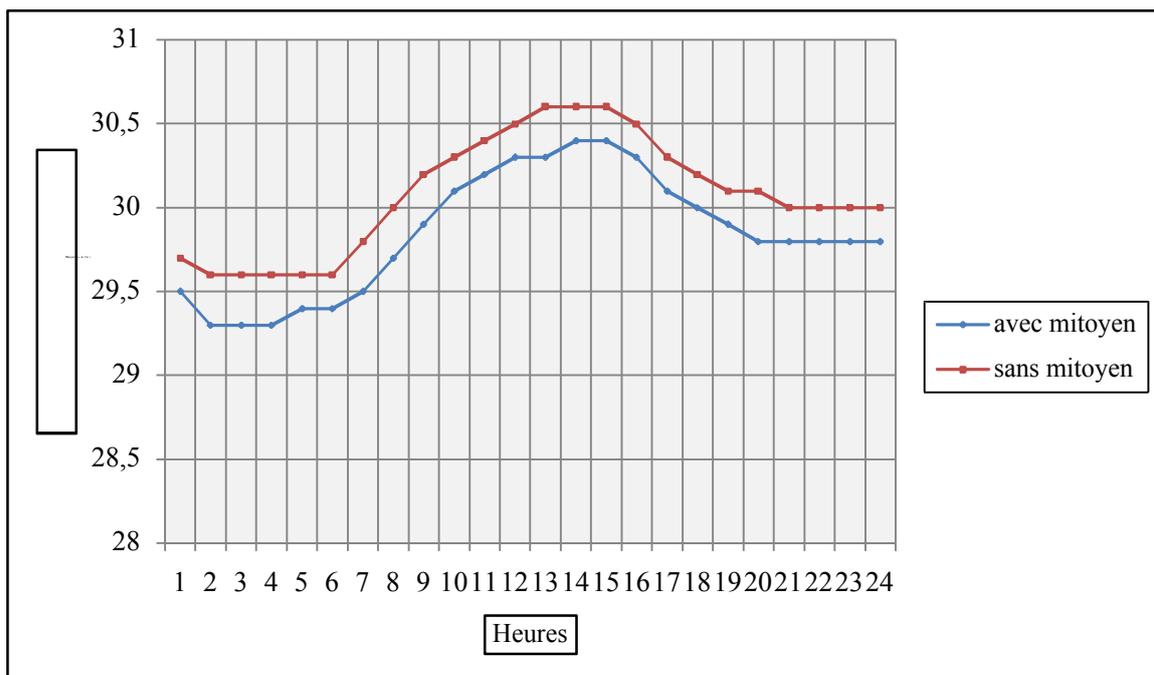
Graphe-IX.25 : Variation horaire de la température intérieure dans le SDB (coté Est)



Graphe-IX.26 : Variation horaire de la température intérieure dans la cuisine (coté Sud)



Graph-IX.27 : Variation horaire de la température intérieure dans la chambre 1 (coté Ouest)



Graph-IX.28 : Variation horaire de la température intérieure dans le séjour (coté Nord)

Toutes les températures d’air en protégeant la façade de l’enveloppe externe sont supérieures à celles enregistrées en absence de la protection, seulement l’écart entre la présence ou non de mitoyen change d’une orientation à une autre.

Les courbes de la température en masquant la façade (est, sud, ouest) signalent les valeurs les plus élevées. Tandis que la façade Nord enregistre les écarts les moins élevés, l'écart minimal et maximal est respectivement de 0.2°C et 0.3°C (les mêmes valeurs qui se répètent durant toute la journée). Les écarts de températures maximaux et minimaux sont affichés dans le tableau suivant :

Direction	Max (°C)	Min (°C)
Est	0.6	0.3
Sud	0.4	0.2
ouest	0.6	0.5
Nord	0.3	0.2

**Tableau-IX.11 : La température minimale et maximale pour les espaces orientés (Est, Sud, Ouest et Nord), M1**

D'après le tableau (IX.11), on remarque que le coté Est et Ouest prennent les valeurs les plus élevées, mais le coté Ouest est plus chaud car il reçoit les radiations solaires les plus critiques (le soir), ce qui provoque des ambiances chaudes, ainsi ce problème est aggravé par l'effet de l'inertie thermique (difficulté de libérer la chaleur vers l'extérieur). Le coté Nord est le plus protégé vis-à-vis des rayons solaires directes. Alors que le coté Sud occupe une position médiane entre les deux cas extrêmes grâce à la hauteur du soleil la plus élevée en été, ce qui rend la façade Sud protéger d'une manière naturelle après le plein Nord.

Des variations de valeurs apparaissent dans les températures d'air dans les quatre espaces (sans mitoyen), les plus éminentes sont enregistrées pour les espaces orientés : Est et Ouest (presque 32°C), ceci s'explique par l'exposition des deux façades aux rayons solaires, et les plus faibles sont observées au niveau des pièces dirigés vers le sud et Nord (environ 30°C), nous expliquons ça par l'auto protection des deux directions, car le nord ne reçoive pas des radiations directes et le coté sud est protégé d'une manière naturelle car le soleil est très élevé dans le ciel.

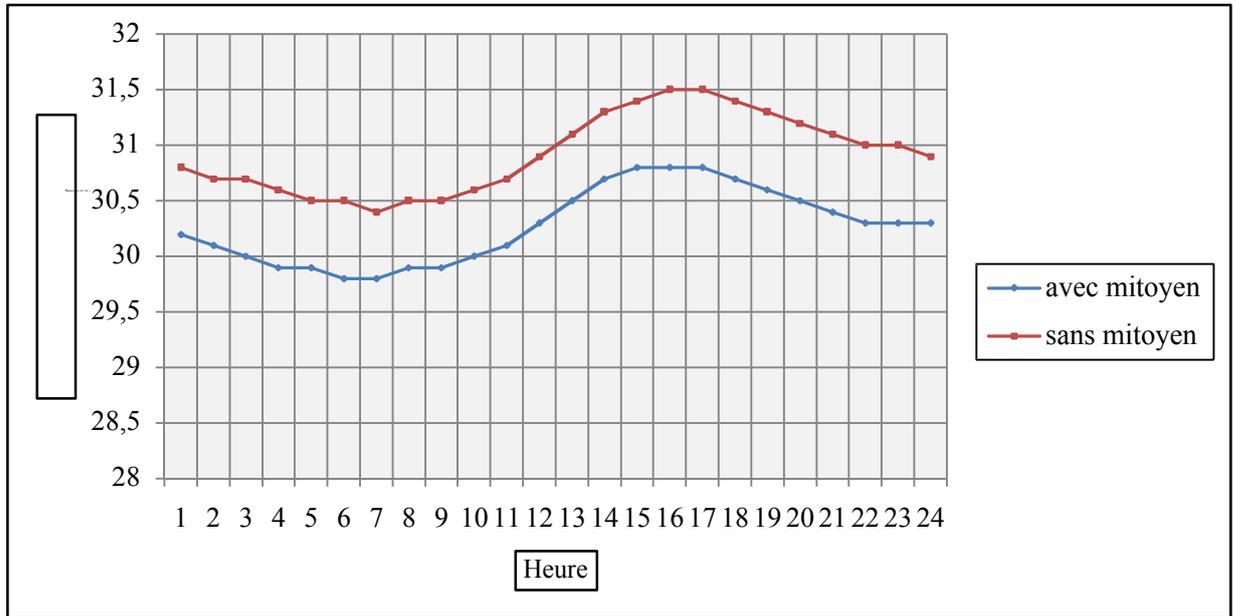
Donc, les pièces les plus sensibles et critiques en période estivale sont les espaces dirigés vers les cotés : Est et ouest, donc, il faut les protéger.

Nous renforçons ces résultats par les températures de surface de chaque espace (avec et sans mitoyen).

D'après les courbes représentatives des graphes (29, 30, 31 et 32), les températures surfaciques augmentent au fur et à mesure que la paroi s'expose aux rayonnements solaires. Les températures de surface les plus importantes sont remarquées au niveau de la face interne de la paroi Est et Ouest. En effet on peut déduire qu'une fois la température surfacique interne est élevée la température intérieure de l'air augmente.

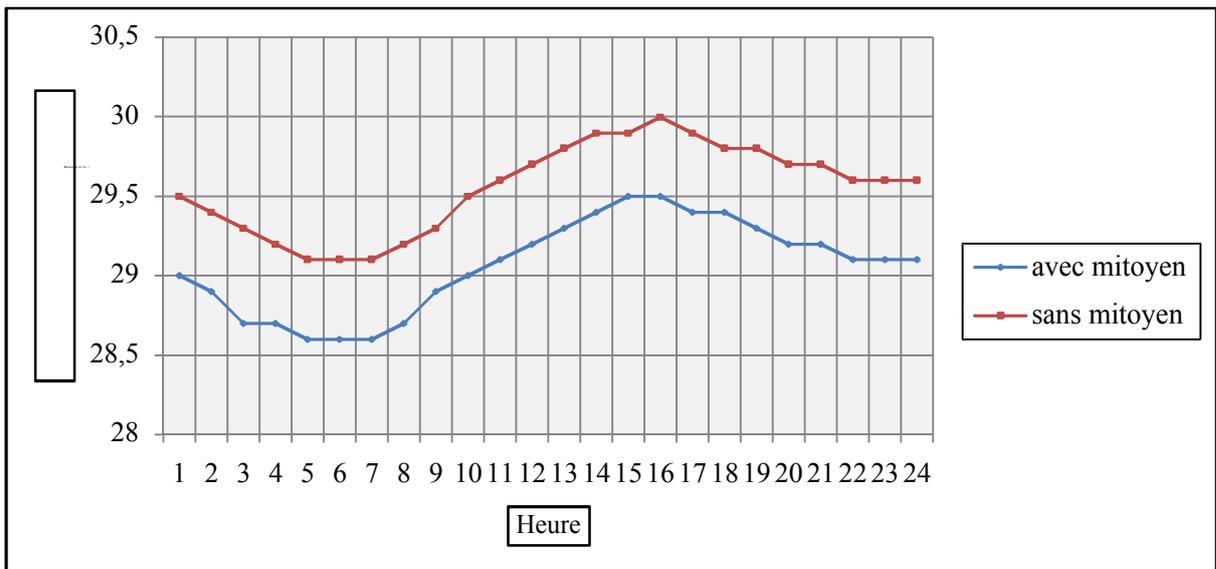
D'autre part, les différences entre les températures de surface intérieures les plus importantes sont remarquées au niveau les parois Est et Ouest (avec et sans protection). Les parois Sud et Nord signalent les écarts les moins élevés.

Protection de la paroi Est (SDB) :



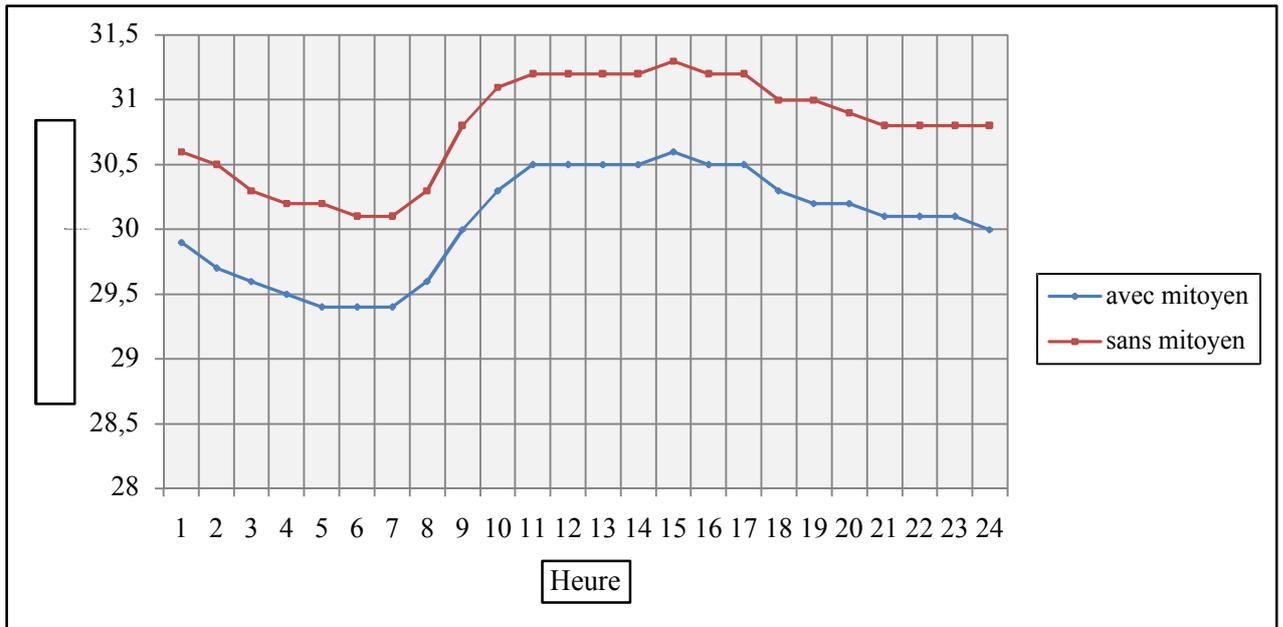
**Graphe -IX.29 : Variation horaire de la température surfacique de la paroi Est (SDB)**

Protection de la paroi Sud (cuisine) :



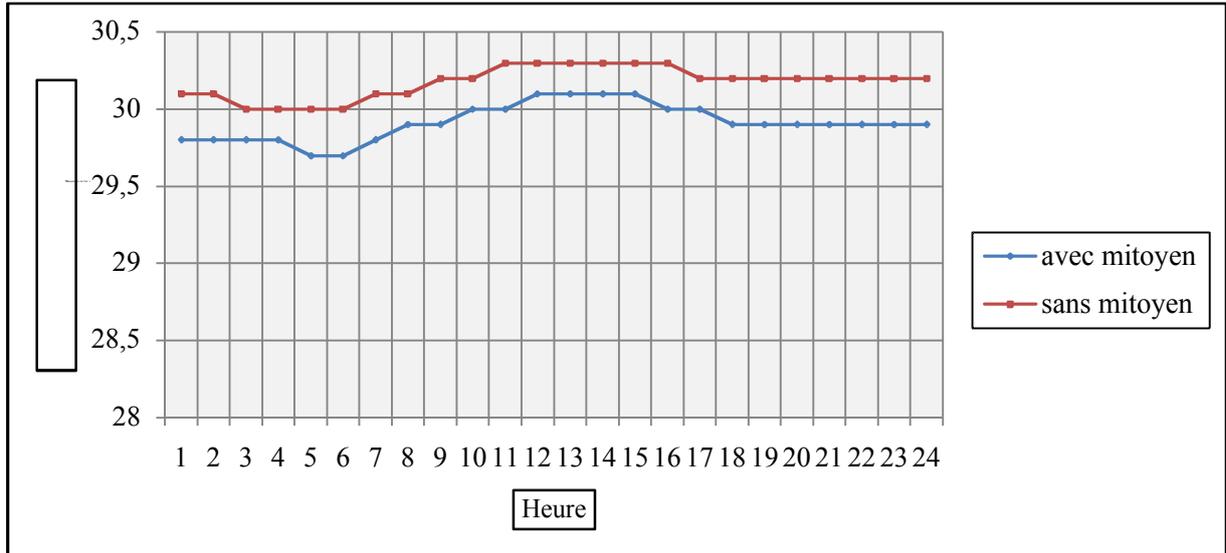
**Graphe-IX.30 : Variation horaire de la température surfacique de la paroi sud (cuisine)**

Protection de la paroi Ouest (chambre 1) :



**Graphe -IX.31 : Variation horaire de la température surfacique de la paroi ouest (chambre 1)**

Protection de la paroi Nord (séjour) :



**Graphe -IX.32 : Variation horaire de la température surfacique de la paroi Nord (séjour)**

Pour vérifier l'effet de nombre des mitoyens sur la température moyenne intérieure et dans le séjour de l'habitation M1, une comparaison a été effectuée entre les cinq types de mitoyenneté possible, qui sont : sans mitoyen, deux, trois et quatre mitoyens. Mais, il faut noter que la proposition de deux mitoyens contient deux sous groupes, le premier représente l'état réel avec un mitoyen coté Nord-est (une maison en R+1 avec cour) et un autre mitoyen en RDC coté Sud-est. Et le deuxième, les habitations limitrophes ont la même hauteur que la demeure testée. Dans cette étape la hauteur, l'orientation et le taux d'ouverture au ciel sont maintenus fixes comme ceux de la situation réelle de cette maison. Les résultats obtenus sont affichés dans le graphe (IX.33).

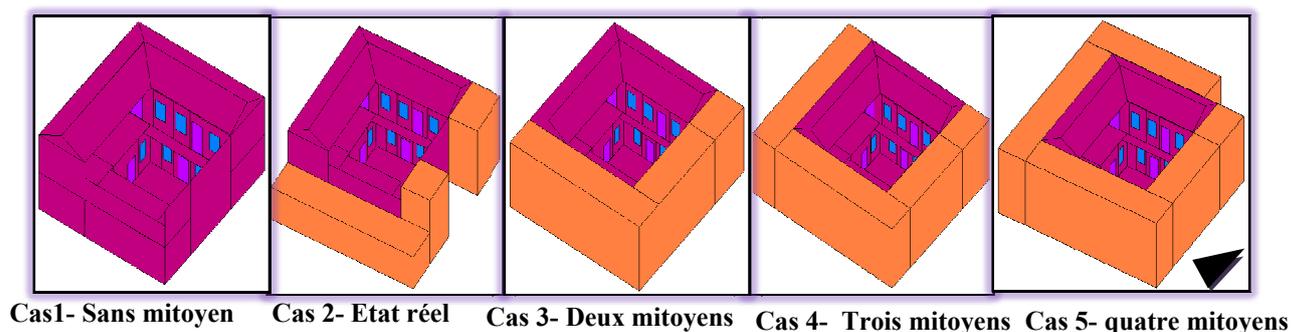


Figure-IX. 18: les cas simulés (la mitoyenneté), scénario 2

Les courbes de la température ambiante sont presque parallèles. Les températures les moins élevées sont relevées lorsque la maison est entourée par quatre mitoyens de même hauteur que la maison objet d'étude où on signalé une différence maximale à 14h00 de 1.42°C par rapport au cas le plus mauvais (le cas n°1).

Le cas 1 et 2 présente les mêmes valeurs pendant la période diurne (12h00-21h00). Ceci explique l'inefficacité de la protection du cas n° 2, car la façade la plus critique n'est pas complètement protégée (façade Est, voir graphe 25 et 29). Mais pendant la nuit, on signale un abaissement des températures du cas n° 2 par l'effet de rafraîchissement de la structure selon le phénomène de ré-émissivité.

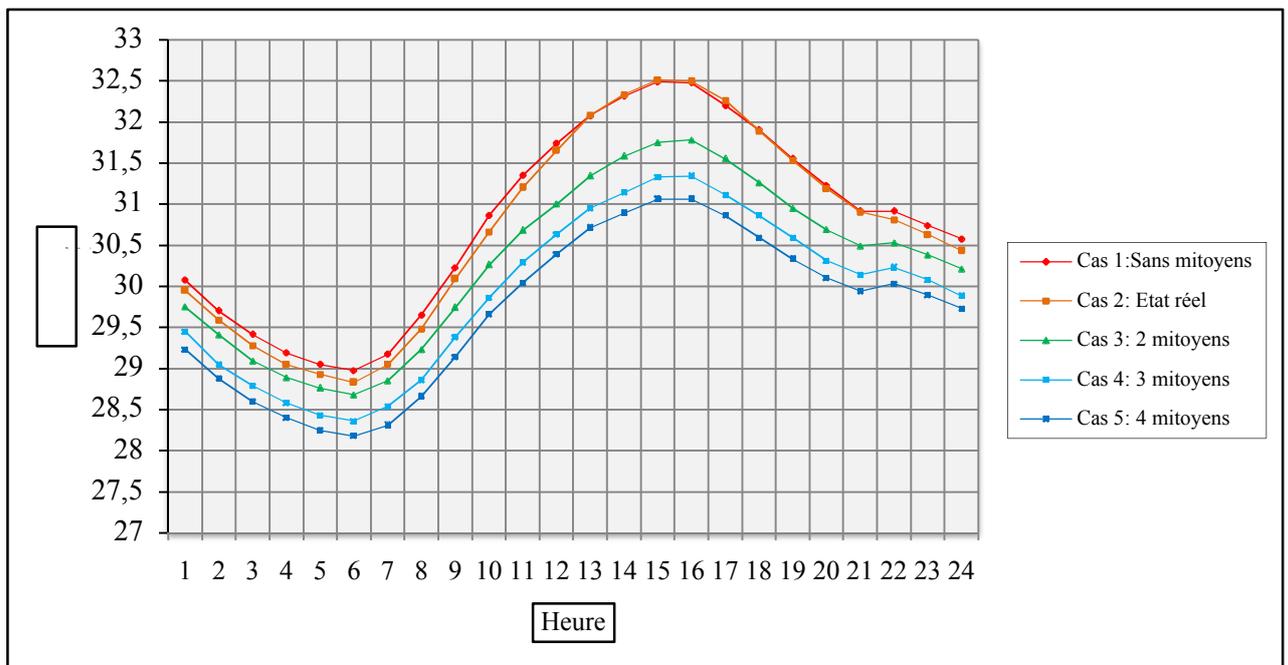
Une réduction des températures est remarquable entre les courbes correspondent au cas 2 jusqu'à 5, à chaque fois en ajoutant un mitoyen la température se tend à se baisser.

La différence entre le cas 4 et 5 demeure faible, donc la façade Nord n'a pas d'une grande influence lors de sa protection, de préférence, elle reste libre pour laisser les espaces de bénéficier d'une ventilation transversale. La grande différence est entre les deux courbes successives est observée entre le cas 2 et 3, ceci peut s'expliquer que la protection de la façade Est et Sud d'une manière convenable permet de réduire la température moyenne

intérieure avec une valeur max de 0.76 à 15h00 (cette valeur est perceptible car l'ambiance thermique intérieure est au delà du seuil de confort).

Il est à signaler aussi que les courbes correspond aux cas 3 et 4 montrent l'intérêt de protéger la façade Ouest de l'enveloppe extérieure pour avoir des ambiances thermiques plus fraîches. Un écart max entre les deux courbes est remarqué à 16h00 et 17h00 de 0.44°C.

Cependant, les écarts entre les cas étudiés ne sont pas considérables durant la nuit, mais grâce à l'inertie thermique on remarque que la maison qui connaît des ambiances thermiques chaudes pendant la journée reste tiède en absence du soleil.



Graphe-IX.33 : Variation horaire de la température moyenne intérieure selon le nombre de mitoyen

IX.3.2.4.5-Effet de la couverture du patio :

La figure (IX.19) montre les trois propositions de la couverture du patio de la maison M1. On a proposé une couverture pour le patio où la surface couverte est relative à la surface réelle de celui-ci, selon les taux : (1/4, 1/2 et 3/4). Sur la figure le schéma 1/1 représente l'état réel du patio. Aussi, on a fixé les paramètres suivants : maison en R+1 avec une orientation selon l'axe Nord-est/Sud-ouest, la couverture en tuile supportée par des poutres en bois (couverture plate).

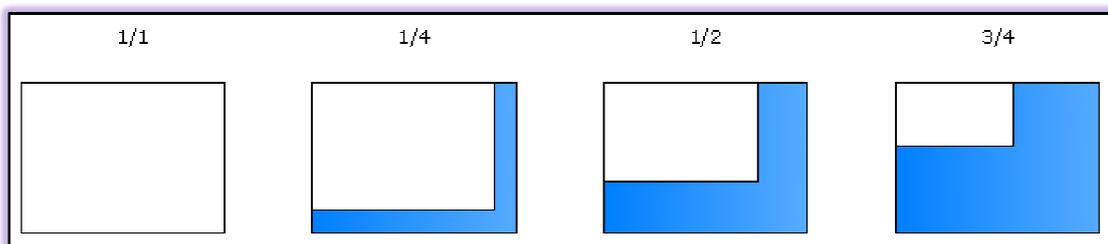
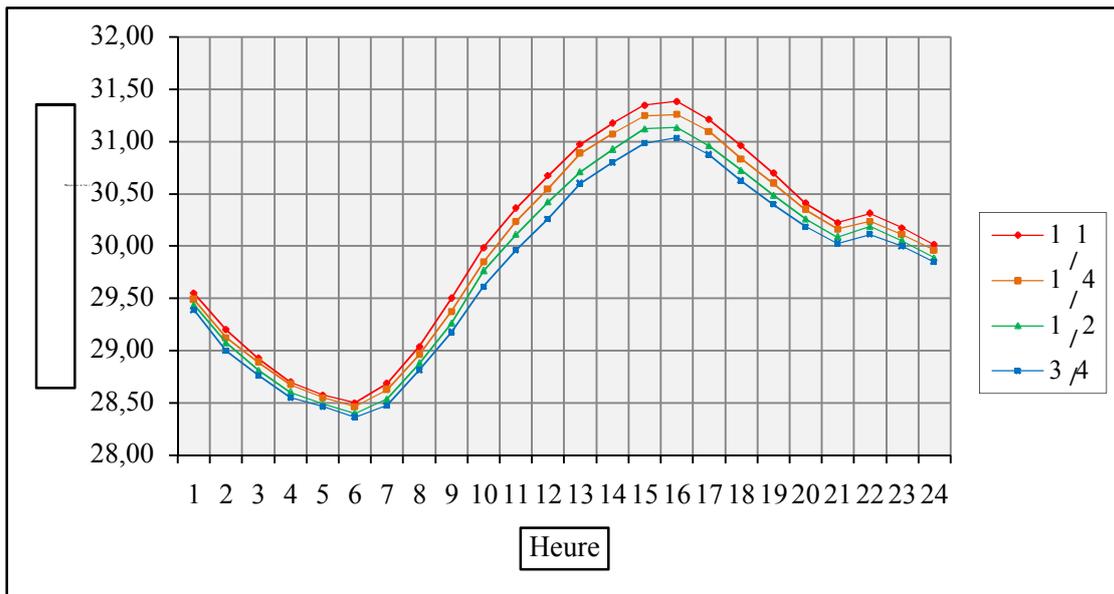


Figure-IX. 19: les cas simulés (couverture du patio)

Les résultats obtenus montrent aussi que le comportement thermique de cette maison suit deux logiques : la première concerne la période diurne et la deuxième la période nocturne. L'amplitude entre les températures moyennes intérieures est très faible pendant la nuit, mais dans le cas où les irradiances sont présentes, la différence s'élève.

Ces résultats confirment qu'il n'y a pas une grande différence entre les couvertures proposées, où l'écart max entre le patio sans couverture et avec celle qui représente le 3/4 est de 0.41 °C signalé à 12h00.

Mais aussi, d'après ces résultats, il ressort que l'effet de l'ouverture au ciel (voir le graphe IX.18) et l'effet de couvrir le patio ne présentent pas une grande différence.



Graphe-IX.34 : Variation horaire de la température moyenne intérieure selon la surface de couverture du patio

#### IX.3.2.4.6- Effet de taux des ouvertures de l'enveloppe interne du patio :

Dans cette partie de la simulation, on a testé quatre cas où on a augmenté le taux de vitrage de l'enveloppe interne pour voir l'effet de la dimension des fenêtres sur la température moyenne intérieure. La maison M1 est l'objet de l'investigation est en R+1, orientée selon l'axe Nord-est/Sud-ouest, et on n'a pas pris en considération les apports internes.

Les situations testées sont les suivantes :

- ☛ Premier cas : le vitrage représente 3.34% par rapport à la surface du plein
- ☛ Deuxième cas : le vitrage représente 4.66% par rapport à la surface du plein (le cas réel de la maison M1)
- ☛ Troisième cas : le vitrage représente 5.92% par rapport à la surface du plein
- ☛ Quatrième cas : le vitrage représente 7.21% par rapport à la surface du plein

Donc chaque situation est plus grande que la première par un rapport de 1/4.

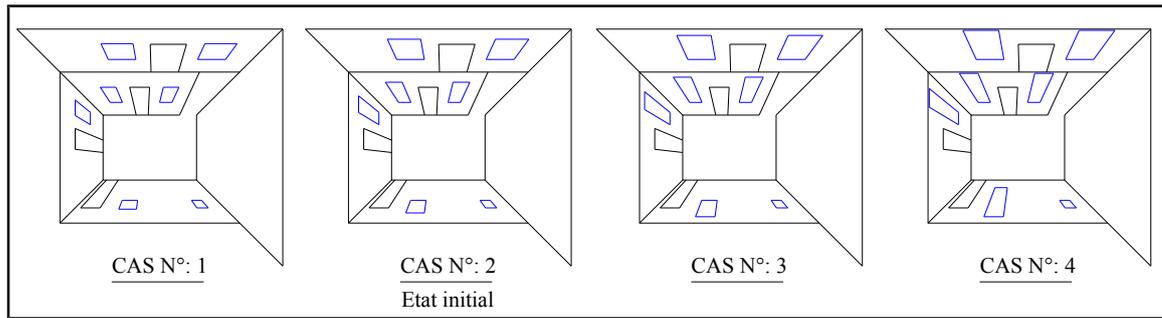
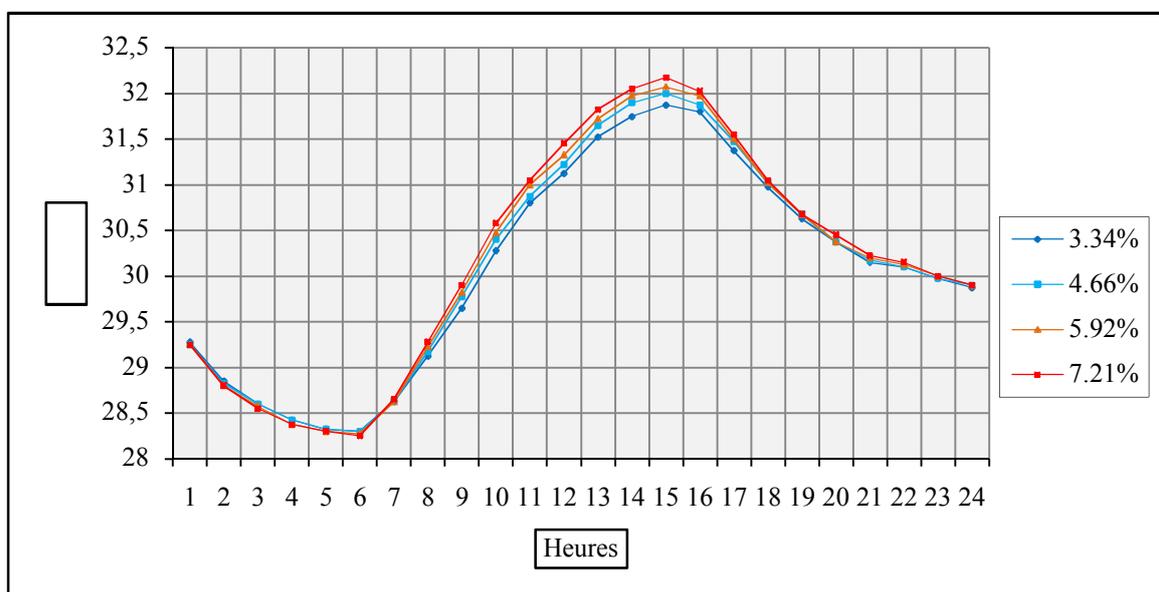


Figure-IX. 20: Les cas simulés (la taille des ouvertures)

Il faut noter que le changement de la surface des fenêtres se fait dans le sens verticale (c'est-à-dire on a augmenté seulement la hauteur des fenêtres).

Les résultats obtenus sont affichés sur le graphe-IX.35, la lecture de ce graphe montre clairement l'effet peu perceptible du pourcentage du vitrage sur les courbes de température moyennes intérieures. Mais il s'est avéré que les températures avec un pourcentage (7.21%) sont les plus levées, tandis qu'elles sont moins importantes avec un taux de 3.34%, où on remarqué une différence maximale à 12h00 de 0.325°C, pendant la nuit la différence est presque nulle (0.025°C).

Ces résultats indiquent que l'augmentation de la surface des fenêtres de 1.30% (1/4) n'a pas un effet significatif sur la température ambiante donc ce facteur n'est pas vraiment important selon les conditions prises dans la simulation. De ce fait, on peut dire que d'autres paramètres comme le type du vitrage, la protection des fenêtres sont plus important pour l'abaissement des températures intérieures.



Graphe-IX.35 : Variation horaire de la température moyenne intérieure selon le rapport surface vitrage/surface du plein

**IX.3.2.4.7-Effet des apports internes :**

Afin de quantifier l'impact que peut avoir les apports internes sur l'ambiance thermique, il est indispensable de comparer les profils thermiques correspondant à une maison sans et avec les apports internes, pour ce faire, on a pris comme exemple la maison M1, l'ensemble des apports sont calculé selon le DTR algérien. Voir tableaux (IX.12 et 13).

Espace	Volume	Nombre de personne	Temps d'utilisation	Puissance (W)
Chambre 2	V 1	1	1h00- 8h00	102
Cuisine	V2	1	10h00-12h00	131
			18h00-20h00	131
S.D.B	V3	Néant	/	/
Chambre 1	V4	3	23h00-8h00	306
		4	13h00-16h00	408
Local	V5	Néant	/	/
Séjour	V6	1	/	/
Chambre 3	V7	1	13h00 -16h00	102
		1	1h00-8h00	
Chambre 4	V8	1	23h00-7h00	102

Tableau IX. 12: La fréquentation des espaces (M1)

**☛ Gains dus aux appareils électroménagers :**

Espace	Volume	Appareil	Temps d'utilisation	Puissance (W)
Cuisine	V2	Appareils Cuisson	10h00-12h00 18h00-19h00	200
		Réfrigérateur	24/24	100
Chambre 1	V4	Télévision	13h00-16h00	150

Tableau IX.13: Puissances dégagées par les appareils électroménagers(M1)

**☛ Gains dus à l'éclairage :**

$$AI = \sum (W_n \times C_{me} \times C_{cr})$$

$W_n$  est la puissance, tous les usagers utilisent des lampes incandescence d'une puissance de 75W

$C_{me}=1.2$  (lampe incandescence), et car l'éclairage n'est pas raccordé à un système d'extraction d'air. Ce qui nous donne :  $AI=75 \times 1.2=90$  W

22-23 90W ... V8

22-24 90W ... V1

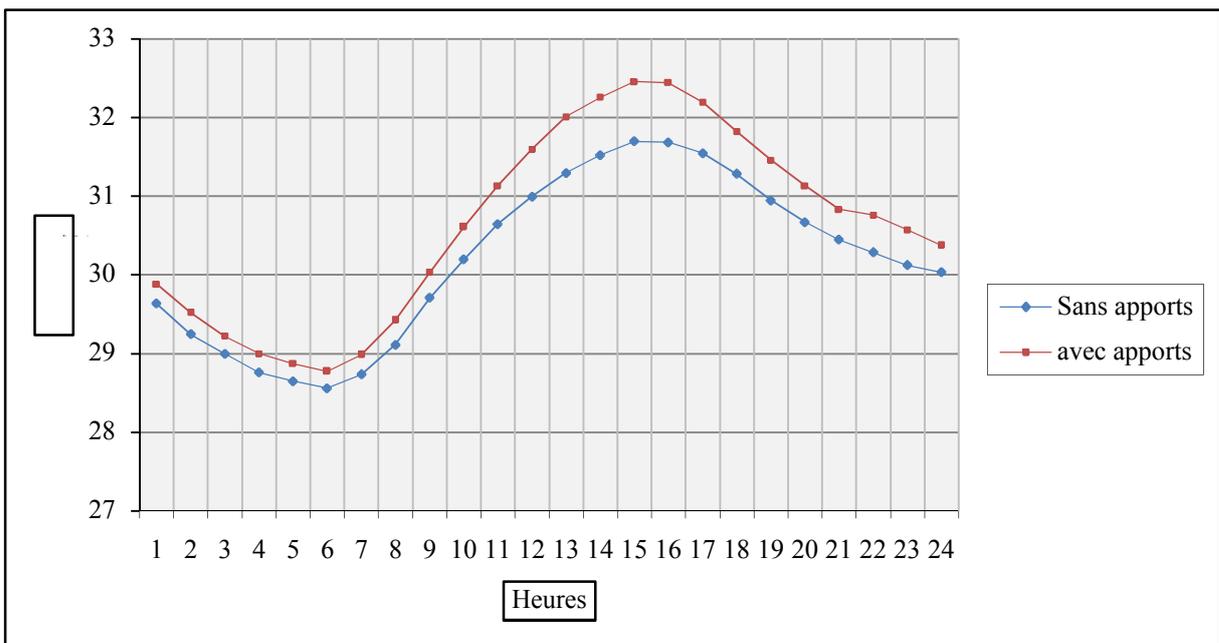
22-24 90W ... V7

La lecture des températures de l'air montre que l'écart est perceptible entre les deux cas étudiés pendant la période diurne, les températures maximales sont enregistrées à 15h00 où la

différence entre les deux courbes est de  $0.76^{\circ}\text{C}$ . L'écart minimal est obtenu à 6h00 avec une valeur de  $0.21^{\circ}\text{C}$ .

Pendant la période nocturne, l'écart est peu significatif, ce qui confirme l'effet du comportement des usagers et leurs utilisations des appareils électroménagers et l'éclairage sur l'ambiance intérieure. L'amplitude maximale durant cette période est de  $0.47^{\circ}\text{C}$  remarquée à 22h00, alors qu'on a enregistré des différences minimales qui arrivent à  $0.21^{\circ}\text{C}$  à 6h00.

La présence humaine dans l'espace habité contribue à élever la température ambiante, Donc les apports accentuent la sensation de l'inconfort. Un comportement approprié peut participer à éviter quelques degré Celsius dans chaque pièce, l'utilisation raisonnable est la meilleure solution en période estivale.



Graphique-IX.36 : Variation horaire de la température moyenne intérieure avec et sans apports internes

### Conclusion :

La présente étude s'inscrit dans le cadre de l'architecture bioclimatique et elle englobe une simulation numérique à l'aide des logiciels (Derob et Ecotect). Ces derniers ont permis de tester plusieurs paramètres relatifs à l'objet de notre recherche en utilisant des données climatiques de la ville de Jijel. La température intérieure de l'espace habitable reste gouvernée par l'interaction de plusieurs facteurs à savoir hauteur, l'orientation, l'ouverture au ciel, la taille des ouvertures, le mode d'occupation des usagers.

D'après les simulations, il été établies les conclusions suivantes :

- La cour à double hauteur (R+1) n'a pas une grande influence sur la température moyenne intérieure pendant la zone de surchauffe journalière par rapport une hauteur

- à un seul niveau. Une cour avec trois niveaux est encore mieux compte tenu d'un abaissement de la température moyenne maximale de  $0.98^{\circ}\text{C}$  (entre RDC et R+2).
- ✦ L'ouverture au ciel dans notre condition bien déterminée n'a pas d'un grand effet, mais il reste que plus on protège l'enveloppe interne du patio, plus on aura une diminution de la température intérieure.
  - ✦ L'orientation selon l'axe Nord-sud est la plus défavorable pour la saison estivale, le nord bénéficie d'une ambiance thermique plus fraîche par rapport aux autres directions et le sud est protégé d'une manière naturelle, car le soleil est très élevé dans le ciel durant la saison chaude (la hauteur du soleil à Jijel est de l'ordre  $76.16^{\circ}$  à midi, 21 juin). Le plus important est évité les expositions Est et Ouest qui sont les plus difficiles à protéger.
  - ✦ Une mitoyenneté Nord n'est pas recommandée car elle provoque une réduction de la température moyenne ( $T_{mi}$ ) d'une manière perceptible. Le plus important est de protéger la façade Ouest de l'enveloppe extérieure de la cour.
  - ✦ L'effet du pourcentage du vitrage (de l'enveloppe interne) est négligeable.
  - ✦ Pendant la période d'été, les charges internes constituent des apports indésirables, donc un intérêt particulier doit être porté à un bon contrôle de l'environnement de l'espace habité.

## *Conclusion générale et recommandations*

*« L'investigation de la vérité (...) nul ne peut l'atteindre adéquatement, ni la manquer tout à fait »<sup>1</sup>. Aristote*

Notre travail prend appui sur l'habitat de la période coloniale de la ville de Jijel. Il s'agit d'étudier l'impact du patio sur l'ambiance thermique des espaces habitables et par conséquent sur la sensation des occupants en période estivale. Deux volets sont pris en compte tout au long de cette recherche. L'un relatif à *l'approche théorique*, une recherche bibliographique dans différents domaines (climat, confort et ambiance thermique, quelques notions sur la thermique du bâtiment, habitat colonial, patio et ses aspects environnementaux et état de l'art sur l'efficacité thermique du patio) permet de faire le point sur l'état de la question et de comprendre les différents concepts relatifs à notre problématique.

Le premier concept étudié était « **le climat** », à travers la lecture de ce dernier on a conclu que celui-ci est composé d'un système de paramètres physiques combinés entre eux, cela implique la prise en compte de l'interaction qui existe entre : climat-habitat dans toutes les cycles de vie de la construction et surtout la phase amont. L'échelle réduit du climat urbain est le microclimat, l'étude sur le microclimat donne plus de précisions sur la qualité des ambiances qui se déroulent en milieu urbain ou architectural.

Si on se réfère au confort thermique, on est toujours face à des situations différentielles, mais complémentaires : chaud, froid, neutre... Par définition, il signifie d'avoir ni chaud, ni froid, alors que l'ambiance thermique est l'interaction de plusieurs éléments : être humain, paramètres physiques et habitat et chaque facteur est encore composé de plusieurs paramètres. Décortiqué ces complexes permet d'avoir des compréhensions plus profondes, finalement l'étude scientifique est un travail de décomposition ensuite de composition ou le vice versa. Certains individus appelleront une ambiance confortable, une ambiance paraissant surchauffée ou encore trop fraîche et d'autre...car le sentiment de confort dépend de plusieurs paramètres, il se varie selon les individus, les cultures, voire les classes sociales et afin de se

---

<sup>1</sup> Aristote, CD-ROM 12 dictionnaires indispensables

sentir confortable dans un environnement en cours d'évolution, une bonne conception du bâtiment est indispensable pour rétablir la notion de bien être.

Plusieurs études sur l'analyse bioclimatique ont proposées des indices et diagramme qui permet de révéler les stratégies de contrôle microclimatique et de conception architecturale, parmi ces recherches celles de Fanger dans les chambres climatiques n'ont montré aucune différence dans des préférences thermiques entre les personnes de différentes régions, l'âge, sexe...

La question focale pour le concepteur est donc de maîtriser les facteurs de conception possédant une influence sur le comportement thermique du bâtiment: cela concerne les phénomènes liés à l'orientation, à la forme...cela ne produit pas seulement la notion du confort dans l'espace habité mais aussi renforce l'idée d'économie d'énergie et donc une contribution au développement durable. Le confort thermique d'été répond à la stratégie du froid, une bonne conception et une bonne gestion de l'environnement bâti sont importantes pour le bien être des usagers.

Le Patio, il a émergé à travers le monde pour une multitude de besoins et aussi il est né dans des lois opposées : climat chaud et froid, architecture islamique et occidentale, famille pauvre et bourgeoise, était utilisé dans l'architecture ancienne et contemporaine... donc il présente une existence neutre, mais de point de vue climatique il offre sa richesse selon un contexte bien précis. Lorsqu'on dit que telle conception architecturale est bonne, il faut toujours préciser leur contexte spécifique. C'est le même cas pour ce dispositif objet de notre investigation, car l'efficacité de la cour est relative à des conditions d'ordre intrinsèque et d'autre extrinsèque.

Les recherches sur le rôle du patio confirment que la performance thermique de ce dispositif est relatif à plusieurs conditions à savoir : le climat, la latitude, l'orientation, les ratios (H/L, S/Hm) , la course journalière du soleil, la conclusion de toutes ces études recommande la protection des surfaces exposées au soleil en période estivale et l'exposition pendant la durée hivernale, la nécessité d'un compromis entre l'hiver et l'été est intéressant pour assurer sa performance thermique sur toute l'année.

La partie coloniale de la ville de Jijel obéit aux lois d'urbanisme régulier d'Hausmann. En conséquence, l'arrangement urbain et les modèles architectoniques suivis depuis le commencement (contiguïté des maisons, chacune avec une cour) ou d'autre avec l'influence de la tradition islamique qui a donné les maisons à caractère introvertie.

Cette recherche associe une deuxième démarche qui est *l'approche analytique*, elle englobe l'investigation in situ et la simulation par les logiciels (Derob, Ecotect).

La qualification des ambiances intérieures nécessite la mise en place de méthodes expérimentales (mesures, enquêtes). L'investigation sur site a été menée sur un corpus d'exemples réels de la période coloniale, une recherche sur site à travers des relevés de mesures sur des paramètres physiques et étant donné que l'évaluation du confort thermique ne se réside pas seulement sur les simples facteurs environnementaux, des relevés de sensations des usagers en utilisant un questionnaire. Il concerne l'évaluation des caractéristiques d'ambiance d'un cadre bâti qui est la maison avec cour, sur le vécu sensible des usagers. Des paramètres d'ambiances intégrant les caractéristiques physiques et géométriques du patio et l'autre à la qualification du phénomène en termes de modalités d'usage et de perception.

Un tel objectif nécessite évidemment une matière sur laquelle on peut tester notre hypothèse, le choix est porté sur la ville de Jijel et plus précisément la partie coloniale, car cette dernière présente une typologie intéressante à étudier, des maisons avec cour de différentes orientations, forme, taille...d'où vient la diversité des conclusions atteignent. Il s'agit de tester l'intérêt de la cour en climat méditerranéen, de point de vue physique et humain.

Finalement, on était intéressé par la comparaison entre les cas étudiés et la modélisation pour tester les facteurs suivants : hauteur, ouverture au ciel, orientation, la mitoyenneté, la couverture du patio, le taux du vitrage de l'enveloppe interne du patio et les apports internes sur les températures moyennes intérieures et le confort thermique.

**D'après cette étude, on conclut ce qui suit :**

- ✦ Le microclimat urbain est très chaud par rapport à celui du milieu naturel.
- ✦ Le microclimat urbain présente une certaine stabilité en température grâce à l'inertie des constructions, alors que le milieu naturel change d'une manière significative.
- ✦ En climat méditerranéen, des journées moins chaudes succèdent les journées de canicules grâce au taux d'évaporation très important dans les journées chaudes, où l'humidité augmente et de ce fait la température se baisse. C'est le cas de la journée 27 et 28 juillet. On remarque que cette diminution n'est pareille pour les deux espaces (intérieur et extérieur), on a vu que cette réduction est intéressante pour les espaces intérieurs, en notant que ces deux jours sont peu ventés.
- ✦ Le climat de Jijel ne présente pas des amplitudes grandes valeurs donc c'est un climat modéré.
- ✦ La hauteur influe sur les températures moyennes intérieures. Les espaces qui se trouvent au niveau du RDC est plus confortables que les pièces en étage (durant la période diurne), alors que pendant la période nocturne est le vice versa. Aussi une maison en R+2 comporte encore mieux qu'une habitation en RDC (pendant le période

diurne). En outre, on a conclu que la hauteur d'une maison plus de trois niveaux ne provoque pas un effet perceptible sur les ambiances intérieures.

- ✦ Les maisons orientées selon l'axe Nord-sud et Nord-ouest/sud-est sont les plus chauffées et les plus indésirables, malgré si la maison est en R+1. L'orientation selon l'axe Nord-est/Sud-ouest est moins défavorisée (avec des formes rectangulaires). Alors que celle dirigée selon l'axe Est-ouest connaît les températures les moins élevées. L'orientation du patio pour les formes rectangulaires allongées est plus prononcées (1/3, l'exemple de la maison M2).
- ✦ On a trouvé que l'orientation n'a pas un effet significatif sur la température moyenne intérieure.
- ✦ La maison type puits comporte d'une manière positive pendant la journée, car offre des températures les moins élevées. Mais pendant la nuit, l'espace intérieur a un problème d'évacuer l'énergie absorbée grâce à sa géométrie. Donc la thermique du bâtiment à patio durant la période estivale est conditionnée par le pourcentage de l'ombre créée et la quantité d'énergie recevant l'enveloppe de la maison.
- ✦ La période moins chaude (la nuit et avant le lever du soleil) est confortable presque pour toutes les maisons, c'est-à-dire en absence des rayonnements solaires, les usagers sentaient encore mieux qu'en journée.
- ✦ En période estivale, les sensations froides sont mieux acceptées, et les usagers préfèrent d'avoir plus pour la vitesse de l'air.
- ✦ Les sensations suivent une logique de gradin : chaud, inacceptable, et de ce fait, ils demandent moins de chaleur. Si l'ambiance est très chaude, on aura des réponses de très inacceptable, la préférence est d'avoir plus de froid.
- ✦ La sensation de moiteur provoque l'inconfort, ce qui montre que la vitesse de l'air est très indispensable pour rétablir le confort thermique en période estivale dans un climat comme celui de Jijel.
- ✦ Protéger l'enveloppe externe contribue à diminuer les températures intérieures, et surtout la façade Ouest de celle-ci.
- ✦ Les apports internes participent à une élévation directe de la température intérieure, donc, il est important d'avoir une gestion judicieuse de l'espace habitable.
- ✦ Des fenêtres disposées d'une manière verticale n'influent pas beaucoup sur l'ambiance thermique intérieure.
- ✦ Dans la période estivale, le patio joue le rôle d'un régulateur thermique dans un contexte bien précis (hauteur qui dépasse ou égale à deux niveaux, une orientation

selon l'axe est-ouest ou bien Nord-est/Sud-ouest, éviter les forme allongées, sans oublier la réduction des apports internes et les apports solaires)

### **Recommandations :**

Ce travail de thèse donne un certain nombre d'indications aux concepteurs pour mieux gérer le dimensionnement des dispositifs architecturaux en vue de favoriser une ambiance thermique adéquate. Il appelle le développement de recherches complémentaires qui croiseraient, comme certains travaux l'ont entrepris au cours de cette période de recherche, plusieurs types de phénomènes, notamment en s'intéressant à deux dimensions du confort intérieur : quantitative et qualitative, et aux dispositifs qui seraient susceptibles de les assurer. En conclusion, nous avons démontré plusieurs résultats sur l'effet thermique du patio dans le climat méditerranéen comme celui de la ville de Jijel. Dans ce qui suit quelques recommandations.

### **Les résultats obtenus suivant l'étude quantitative et qualitative nous permettent d'émettre plusieurs recommandations :**

✦ **La forme en plan :** -La forme allongée à éviter malgré si la construction est en R+1.  
-les formes rectangulaires et carrés sont les adéquates.

✦ **La hauteur :** L'effet de la hauteur est intéressant lorsque le bâtiment est en R+2, et la différence entre une maison en RDC et R+1 n'est pas vraiment perceptible, donc il est recommandé de prévoir des patios avec trois niveaux.

#### ✦ **L'ouverture au ciel :**

Si le patio est orienté selon l'axe Nord-est/Sud-ouest cela n'influe pas considérablement sur les températures moyennes intérieures malgré le changement effectué sur l'ouverture au ciel (jusqu'à 1/4), c'est pour cela on recommande de réduire ce paramètre surtout pour les formes rectangulaires allongées selon l'axe Nord-sud.

#### ✦ **L'orientation :**

L'orientation doit être choisie soigneusement en prenant en compte leur effet sur l'ambiance thermique intérieure, L'orientation selon l'axe Est/ ouest et selon l'axe Nord-est /sud-ouest sont recommandées, aussi, il faut éviter l'orientation selon l'axe Nord /sud et surtout pour les formes rectangulaires allongées.

#### ✦ **La mitoyenneté :**

La mitoyenneté assure l'effet régulateur thermique du patio, ce qui renforce d'idée d'intégrer les maisons à patio dans un tissu compacte, en notant que la protection de la façade Nord par un mitoyen n'a pas d'intérêt, il est préférable d'intégrer des ouvertures sur cette façade pour favoriser la ventilation transversale étant donné que le problème majeur dans ce type de climat est la sensation de la moiteur grâce au taux d'humidité très élevé. En même

temps, leur conception devrait être orientée pour fournir un meilleur confort thermique aux habitants.

✦ **Les apports internes :**

Minimiser les apports internes surtout pendant la période de surchauffe journalière, contribue à rétablir la notion du confort thermique.

✦ **Le problème de la moiteur** représente la cause majeure de l'inconfort pendant la période d'été, c'est pour cela une vitesse de l'air convenable est essentiel pour rétablir le confort thermique.

✦ **L'ouverture des fenêtres**, pendant la matinée, a engendré des ambiances thermiques chaudes dès les premières heures de la journée, de ce fait, la protection contre les radiations solaires dans ce type d'habitat (maison en pierre) est nécessaire pour éviter les apports solaires directes et qui ne sont pas souhaités pendant la période estivale.

**Futurs pistes de recherches :**

Dans cette recherche on n'a pas étudié tout les paramètres agissant sur la thermique de la maison avec cour, et cela vu la complexité du thème. De ce fait, nous proposons quelques futures axes de cette recherche, il est très intéressant de combiner l'étude entre les deux périodes d'été et d'hiver, de savoir l'influence de la vitesse du vent sur le degré des sensations des usagers de l'espace, et bien sure de prendre une journée ventée et d'autre calme ( pour les deux périodes d'été et d'hiver). C'est-à-dire de parler sur l'ambiance thermo-aéraulique dans ce dispositif architectural.

✦ Tester l'effet de la vitesse de l'air sur le confort thermique et l'ambiance thermo-aéraulique dans le patio et les espaces entourés par celui-ci.

✦ Le rôle du patio dans un climat méditerranéen de montagne comme celle de la région de Texana à Jijel. Il est intéressant de faire une comparaison entre deux édifices de même typologie pour savoir l'effet de l'altitude sur le comportement thermique de la cour.

✦ Tester les caractéristiques des matériaux de construction sur l'ambiance thermique dans le patio

✦ Comprendre l'effet de la présence de la végétation dans la cour et son degré de réduction ou l'augmentation de la température ambiante suivant la typologie des plantes utilisées, leurs densités, formes...

✦ Faire une étude sur des patios ouvert et couvert avec une investigation in situ, et tester à ce qu'il y a une stratification thermique dans le patio.

✦ Etudier l'effet du patio sur les consommations énergétiques et le besoin en chauffage et en climatisation pour le climat de Jijel.

**Introduction :**

La crise écologique signifie que la terre est mal habitée....l'architecture est un choix historique qui vise à rendre le monde habitable par les hommes. « *Fin des années soixante, la problématique écologique prend une nouvelle forme et une nouvelle ampleur. Il devient évident que le développement industriel, la croissance économique et le productivisme génèrent des nuisances: la pollution rejetée dans l'air et dans les eaux ; la déforestation et la désertification; les menaces contre la conservation des sols, de la flore et des espèces sauvages<sup>1</sup>* », les perturbations climatiques, les pluies acides, le réchauffement de la planète... Devant cette problématique, les autorités mondiales, les décideurs sont de plus en plus sensibles à l'importance de l'amélioration et la compréhension objective de cette crise et sont de plus en plus conscients de l'importance à attribuer au changement climatique et biologique.

A cause de la crise énergétique, le choc pétrolier... il a été adopté à la conférence de Stockholm, les principes de base du développement durable où la sauvegarde des ressources naturelles étaient l'objet d'une programmation et d'une gestion appropriées et vigilantes. L'homme s'intéresse de plus en plus aux consommations énergétiques et la maîtrise de l'énergie repose sur l'utilisation rationnelle de celle-ci notamment dans les espaces habités.

Actuellement, l'architecture bioclimatique insiste sur l'optimisation de la relation de l'habitation avec le climat, et cherche à assurer des ambiances confortables soit un équilibre entre la conception et la construction, son milieu (climat, environnement, ...) ainsi que les modes de vie des habitants. Dans ce sens, Gérard Hégron commente que « *La mise en relation des descriptions morphologiques et physiques d'un environnement architectural ou urbain avec les représentations cognitives des usagers explicite les spécificités d'ambiance d'un lieu* »<sup>2</sup>. Donc une ambiance architecturale ou urbaine émerge de l'interaction entre l'environnement construit et les pratiques sociales. Elle est multidimensionnelle et dépend de plusieurs paramètres: paramètres physiques, émotionnels, psychologiques, esthétiques.. Elle permet aussi de réduire les besoins énergétiques, de maintenir des températures agréables, de contrôler l'humidité et de favoriser l'éclairage naturel. Cette discipline est notamment utilisée pour la construction d'un bâtiment à haute qualité environnementale (HQE).

---

<sup>1</sup> - De Herde, André. Liébard, Alain, Traité d'Architecture et d'urbanisme bioclimatiques: concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, Editions du Moniteur, Paris, France, 2005.P :315

<sup>2</sup> Gérard Hégron, in [\\_www2.cnrs.fr](http://www2.cnrs.fr) > ... > La physique domestiquée

La politique de construction en Algérie connaît une crise pointue en matière d'habitat et le confort thermique ne semble pas occuper une place prioritaire car la stratégie du gouvernement consiste à couvrir le déficit en matière de logement. De ce fait, les principes de l'habitat bioclimatique n'entrent pas dans les soucis majeurs des concepteurs. Cependant, l'habitat traditionnel a toujours su, à travers l'expérimentation, l'observation et la perception intuitive des phénomènes naturels ainsi que l'exploitation matériaux locaux, offrir des réponses intelligentes et ingénieuses dans chaque région.

Dans ce même ordre d'idées, la maison à patio ou cour constitue une forme des plus anciennes de ce genre d'habitat et permet d'une manière générale de composer avec le climat, la vie sociale, l'économie....

### **1. Problématique et cadre d'étude:**

L'adaptation de l'architecture à chaque climat apporte des réponses qui procurent un meilleur confort thermique. *Le climat méditerranéen se caractérise par la chaleur et la sécheresse de l'été, l'irrégularité des précipitations de l'automne et la douceur de l'hiver*<sup>3</sup>. Selon la démarche Haute Qualité Environnementale (HQE), le confort hygrothermique représente la 8<sup>ème</sup> cible sous la notion « Ni chaud ni froid, ni humide ni sec ». Le confort d'été et d'hiver supposent aussi une bonne gestion et utilisation des équipements du bâtiment (protections solaires, ventilation, chauffage, climatisation...). Une bonne conception est d'autant plus importante, donc *le bioclimatisme est une démarche qui tend à prendre en compte les exigences d'économie d'énergie et de confort thermique dans la conception*<sup>4</sup>.

Sous n'importe quel climat il est recommandé de réduire la proportion des murs extérieurs par rapport aux murs intérieurs pour restreindre l'influence des fluctuations climatiques extérieures (ensoleillement, vent) sur l'ambiance intérieure.

L'exposition directe des façades dans un climat méditerranéen peut engendrer des problèmes comme la présence de l'humidité sur les parois intérieures et les plafonds, la détérioration des matériaux de construction, et sur le plan économique des consommations énergétiques très élevées surtout dans la période hivernale (le chauffage)...Le climat méditerranéen impose des dispositifs architecturaux comme des solutions uniques adaptées

<sup>3</sup>. Microsoft Encarta, 2007

<sup>4</sup>. Construire avec le climat, brochure réalisée par la direction de la construction et la mission Energie et Bâtiment, Paris, France, 1979.

<sup>5</sup>. Construire avec le climat, brochure réalisée par la direction de la construction et la mission Energie et Bâtiment, Paris, France, 1979.P : 8

<sup>6</sup>. Joan Salvat-Papasseit, "Architecture Traditionnelle Méditerranéenne", in :[www.meda-corpus.net/libros/pdf\\_livre\\_atm/atm\\_frn/02-atm\\_frn.pdf](http://www.meda-corpus.net/libros/pdf_livre_atm/atm_frn/02-atm_frn.pdf)

aux conditions climatiques spécifiques en constituant des réponses aux questions de l'ambiance. « *Des bâtiments adaptés à leur climat sont, en général, relativement ouverts et en relation directe avec l'environnement immédiat, que ce soit par des fenêtres, des serres ou des patios* »<sup>5</sup>.

Joan Salvat-Papasseit insiste sur le fait que « *Patio, cour et jardin déclinent autant de façons d'approprier l'espace extérieur* »<sup>6</sup>. D'une façon générale le rôle du patio est d'assurer une ventilation naturelle (il constitue le poumon de la maison), un éclairage naturel de l'espace intérieur adéquat avec absence d'éblouissement visuel, un bon contrôle de l'ensoleillement comme il assure une double relation intérieur/extérieur. « *Thermiquement, le patio fonctionne comme un puits à fraîcheur car l'air frais ne peut s'échapper et stagne en rafraîchissant ainsi les pièces qui sont ouvertes sur lui* »<sup>7</sup>.

Un exemple de ce type de bâtiments adaptés à leur environnement dans la ville de Jijel est l'habitat colonial (la maison à patio : mur épais, utilisation de la brique cuite dans la construction, une seule façade qui donne sur la rue...). Ce dernier a été retenu comme environnement d'étude car il se caractérise aussi par la compacité en rappel à la notion que ' plus le bâtiment est compact plus la surface d'échange du volume intérieur avec l'extérieur est réduite.

La ville de Jijel, se caractérise par un climat méditerranéen : « *tempéré avec un hiver doux et avec une pluviométrie de l'ordre de 1200 mm/an, elle est la région la plus arrosée de l'Algérie* »<sup>8</sup>. La saison estivale est caractérisée non seulement par les surchauffes dues à la température, mais aussi par le taux élevé d'humidité. Elle peut atteindre *une moyenne annuelle de 72 % en été et dépasse les 75 % en hiver*<sup>9</sup>.

Le problème se pose alors globalement comme suit :

- ✦ Le patio peut-il être un bon régulateur thermique dans un climat méditerranéen?
- ✦ Peut-il y avoir une relation effective entre la forme du patio et le contrôle du confort hygrothermique ?
- ✦ Dans quelle mesure l'ambiance thermique intérieure, l'usage et le comportement des usagers sont-ils conditionnés par les paramètres physiques ?

<sup>7</sup> www.archivolcano.com

<sup>8</sup> www.climat- Jijel.com page consulté le 16 /07/2007

<sup>9</sup> Données climatiques mensuelles relevées à la station météorologique de Jijel (1993- 2006).

## **2. Hypothèses :**

Devant ces données ce questionnement et toutes les autres constatations notre recherche a été fondée sur les hypothèses suivantes:

L'hypothèse principale :

- Le patio dans l'habitat colonial contribue à obtenir le confort thermique d'été sous un climat méditerranéen. Il joue donc le rôle d'un régulateur thermique.

Les hypothèses secondaires considérées se résument comme suit:

- Le patio est à la base de formes d'ambiances hygrothermiques produites.
- La mitoyenneté des maisons affecte la dimension thermique intérieure pendant l'été.

## **3. Objectifs de la recherche :**

Cette recherche s'intéresse à la qualité thermique intérieure de l'habitation coloniale à patio dans la ville de Jijel. Elle a pour objectif d'apprécier l'impact du patio sur la température de l'espace intérieur et de vérifier son efficacité comme régulateur thermique en fonction de sa diversité formelle à travers une étude comparative entre plusieurs formes de manière à en faire ressortir la plus adéquate.

Les objectifs de cette recherche porteront donc sur les axes suivants:

1. Analyser la performance thermique du patio, dans l'habitat traditionnel, à travers des campagnes de mesures tenues sur la période d'été sous les conditions climatiques de Jijel (évaluer les ambiances thermiques estivales)
2. Prouver que le patio contribue à assurer le confort hygrométrique d'été.
3. Chercher la forme adéquate du patio parmi les exemples étudiés pour un confort thermique d'été satisfaisant.
4. Vérifier l'effet significatif d'insérer les maisons à patio dans un tissu compact.

## **4. Méthodologie de recherche:**

Cette recherche opte pour une étude comparative, utilisant la méthode expérimentale, en se basant sur des données par des campagnes de mesure in situ. L'objectif de l'expérience est de savoir l'effet du patio sur l'ambiance thermique intérieure en comparant les cas étudiés situés sous un même microclimat.

L'évaluation du confort thermique étant liée à fois à l'aspect objectif et subjectif, il en a résulté le choix de deux méthodes d'investigation (qualitative et la quantitative).

- **Méthode d'investigation quantitative:** Elle permet de bien cadrer la perception de l'espace et le comportement des usagers face aux facteurs environnementaux, notamment leurs sensations thermiques dans un milieu résidentiel. Cette appréciation s'effectue en toute évidence selon une échelle de référence dont les limites sont : très froid au très chaud

Dans ce mémoire, on a abordé huit points: Analyse, problématique, observations, méthode mise en œuvre, échantillonnage théorique, recueil des données, analyse des données, interprétation et validation des résultats.

-**Méthodes d'investigation qualitative:** Celle-ci consiste d'abord en une évaluation numérique des paramètres physiques (températures et humidité de l'air). Ensuite, elle aborde l'interprétation des mesures recueillies à travers leur illustration sous forme de graphes, histogrammes, et leur comparaison avec les normes (seuil de confort).

En outre, une simulation à l'aide d'un logiciel informatique (Derob-th) permettra de valider les résultats de l'investigation et servira aussi à changer les paramètres liés au dispositif en question.

Le schéma suivant explique la combinaison entre les deux méthodes adoptées dans cette recherche ainsi que les outils utilisés.

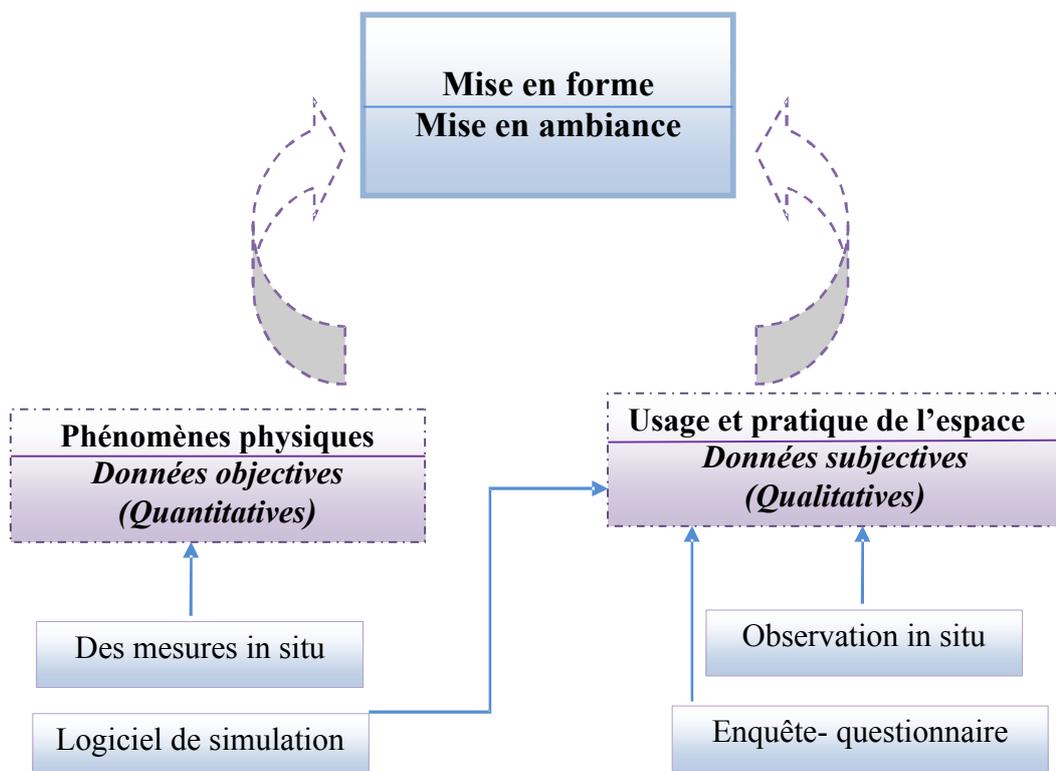


Figure 1: le processus de la recherche

Source : Auteur, 2010

## **5. Structure de la thèse :**

Cette recherche s'organise en deux grandes parties :

**La première partie :** Elle englobe l'aspect théorique avec une investigation conceptuelle des hypothèses formulées au préalable. Elle est organisée en six chapitres :

- a- Climat et microclimat urbain
- b- Ambiance et confort thermiques
- c- Quelques notions sur la thermique du bâtiment
- d- Patio et ses aspects environnementaux
- e- l'état de l'art sur l'efficacité thermique du patio
- f- Caractéristiques de l'architecture coloniale et typologie d'habitat à Jijel

**Le premier chapitre** s'appuie sur le climat et le microclimat au niveau mondial et en Algérie et pour avoir une idée sur les différents facteurs et paramètres climatiques influençant sur le bâtiment.

**Le deuxième chapitre** s'intéresse aux notions d'ambiance et de confort thermique dans les espaces intérieurs avec une mise en exergue des paramètres et des aspects et indices les plus pertinents dans ce genre d'étude.

**Le troisième chapitre** définit facteurs principaux qui influent sur la thermique du bâtiment et les stratégies ou procédés freinant les problèmes de surchauffe durant la période estivale. Il cite aussi les éléments architectoniques optimisant le confort thermique en climat méditerranéen.

**Le quatrième chapitre** a pour objectif de mettre l'accent sur le concept *Patio* et son évolution historique ainsi que ses différents aspects morphologiques et environnementaux.

**Le cinquième chapitre** consiste en une présentation d'une revue générale de certains paramètres intrinsèques du patio et ses effets sur la demande énergétique, le taux de la surface ombragée, la température, l'humidité et la vitesse de l'air. Donc, il est question de rassembler des conclusions pertinentes recueillies lors des différentes études (simulation ou bien mesures sur site) et tenter d'esquisser ce que pourrait être un guide de règles expertes sur la conception thermique des patios rectangulaires.

**Le sixième chapitre** s'articule autour de la typologie de l'habitat à Jijel avec la présentation des caractéristiques de celui retenu pour le cadre d'étude.

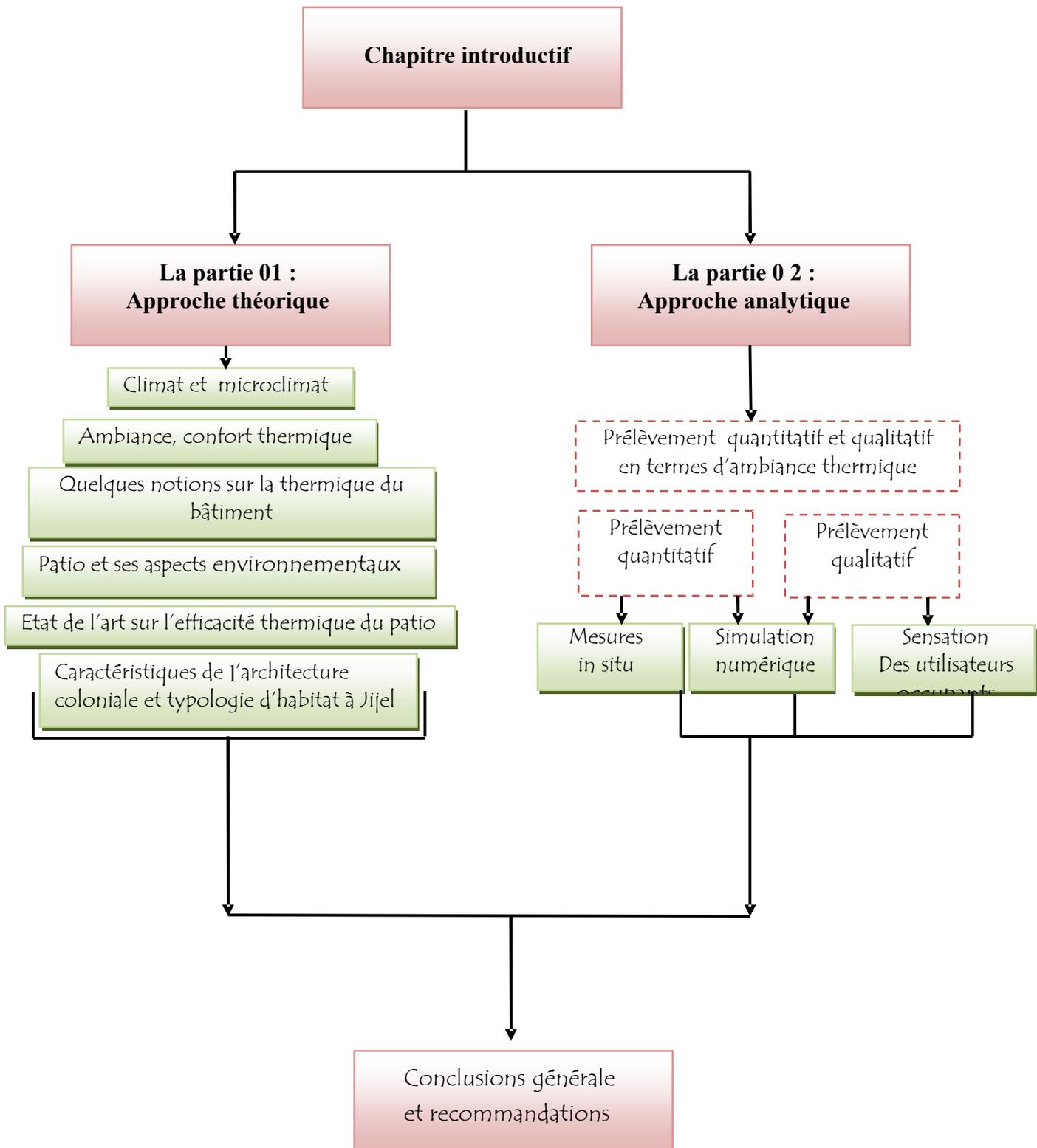
**La deuxième partie :**

Cette partie est purement analytique, elle s'appuie sur une démarche d'abord objective et puis subjective. Elle englobe une investigation in situ qui permet une lecture des sept habitations situées dans la même zone. Une série de mesures de températures et d'humidités relatives sont réalisées à l'intérieur des pièces habitées. Mais aussi une collecte des sensations des occupants à travers des interviews et un questionnaire. Cette partie s'articule autour de trois chapitres :

- a- Présentation de l'environnement d'étude et de l'investigation in situ et la présentation de la méthodologie du travail sur terrain.
- b- Interprétation des résultats de l'investigation (les données quantitatives et qualitatives).
- c- Simulation à l'aide des logiciels afin d'effectuer des évaluations à la fois quantitative et qualitative (température de l'air, température opérative, température surfacique, PMV et PPD) et des déductions sur l'efficacité du patio selon une analyse paramétrique. Ces simulations ont pour objectif d'identifier l'influence des paramètres testés sur l'ambiance thermique des pièces entourant le patio.

Le mémoire s'achève par une conclusion générale, des recommandations et des propositions d'éventuelles pistes de recherche basées se analytique.

**6. Organigramme de la structure de la thèse :**



**Bibliographie**

**A- Ouvrages :**

- 1-Béguin. François**, Arabisances, décor architectural et tracé urbain en Afrique du Nord 1830-1950, édition Dunod, 1983
- 2-Bernstein Daniel, Champetier Jean-Pierre, Vidal Thierry**, Anatomie de l'enveloppe des bâtiments, éditions du Moniteur, Paris, France, 1997.
- 3-Beurret.C, Boumaza.N, Mechta.K, pagand.B sous la direction de Karim Mechta**, Maghreb : Architecture et urbanisme, édition pubisud, Paris.
- 4-Benmaatti. N. Abdullah**. L'habitat du tiers monde : cas de l'Algérie, édition SNED, Alger 1982.
- 5-Bertrand M.Jeau**, Architecture de l'habitat urbain, édition Dunod, Paris, 1980 p : 225
- 6-Castex Jeau, Depaule Jeau Charles, Panerai Philippe**, Formes urbaines : de l'ilot à la barre, édition Dunod, Paris, 1977
- 7-Camous Roger, Watson Donald**, L'habitat Bioclimatique : de la conception à la construction, édition l'Etincelle, Montréal, Canada, 1979.
- 8-Christien Norberg-Schulz** , Habiter vers une architecture figurative, édition Electa Moniteur, paris, 1985.
- 9-Christien Norberg-Schulz** , Paysage, Ambiance, Architecture, édition Pierre Mardage, Bruxelles, 1981.
- 10- Chatelet A, Fernandez P, Lavigne P**, Architecture climatique, une contribution au développement durable Tome 1 : bases physiques, édition EDISUD, Aix de provence, France, 1998
- 12-Chatelet A, Fernandez P, Lavigne P**, Architecture climatique, une contribution au développement durable Tome 2 : concepts et dispositifs, édition EDISUD, Aix de Provence, France, 1998.
- 13-Chémery Laure**, Petit atlas des climats, /édition Larousse, France, 2006
- 14-Cousin Jean**, L'espace vivant, introduction à l'espace architectural premier, Edition Moniteur, 1986
- 15-Daniel Wiczorek**, Camillo Sitte et les débuts de l'urbanisme moderne, édition O.P.U, Alger, Algérie, 1984.
- 16-David Wright**, Soleil, nature, architecture, éditions Parenthèses, New York, 1978

- 17-De Herde André, Liébard Alain**, Traité d'Architecture et d'urbanisme bioclimatiques: concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, Editions du Moniteur, Paris, France, 2005.
- 18-Gauzin Muller, Dominique**, l'architecture écologique, édition le Moniteur, Paris, France, 2002.
- 19-GIVONI Baruch**, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur; Paris, 1978
- 20-GIVONI Baruch**, climat Considérations building and Urbain *Design*, Éditeur by John Wiley & sons, Inc, Canada, 1998
- 21-Godard, Alain et Tabeaud, Martine**, les climats, mécanismes et répartition, édition Armand colin/NUEF, Paris, 2002
- 23-Izard Jean-Louis**, architecture d'été : construire pour le confort d'été, édition EDISUD, Aix de provence, France, 1993.
- 24-Coignet.Jean, Coignet. Laurent**, la maison ancienne, construction, diagnostic, interventions, éditions Groupe Eyrolles, 2003
- 25-Edwards .Brian, Land. Peter, Hakmi. Mohammad**, Courtyard Housing, 2006 in [www.informaworld.com/smpp/35862005-54889684/title~content=t741028015](http://www.informaworld.com/smpp/35862005-54889684/title~content=t741028015)
- 26-Jean-Paul Bardin**, Exemple de maisons à patio en milieu urbain, édition eyrolles, paris, 1972
- 27-Levere, Pierre**, Architecture durable, 50 réalisations environnementales en France et en Europe, Allemagne, Italie, Hollande, Edisud, Aix en Provence, 2002
- 28- Mechta .K et al**, MAGHREB, architecture, urbanisme, patrimoine, tradition, modernité, éditions Publisud, paris, sans date.
- 29-Malverti Xavier et Picard Aleth** , les tracés des villes et le savoir des ingénieurs du génie : Algérie entre 1830-1870,sans date.
- 30-Mazouz Said**, Eléments de conception architecturale, édition O.P.U, Alger, Algérie, 2004.
- 31-Papasseit.Joan Salvat**, Extrait du livre "Architecture Traditionnelle Méditerranéenne" - Chapitre 2 : Les Formes Architecturales, en ligne
- 32-Rapoport. Amos** , pour une anthropologie de la maison, édition Dunod, Paris 1972.
- 33-Ravéreau, André**, Le M'Zab : une leçon d'architecture, édition Sindbad et ACTES SUD, Paris, France, 2003.
- 34-J.Reynold**, Courtyards Aesthetic, Social, and Thermal Delight, édition John Wiley & sons, New York, 2002 in [books.Google.fr/books?isbn=2251602666](http://books.Google.fr/books?isbn=2251602666)
- 35-REVAULT. Jacques**, l'habitation tunisoise, pierre, marbre et fer dans la construction et le décor, éditions du C.N.R .S, 15 .PARIS, France

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

**37-Szokolay.S.V**, Environmental science handbook for architects and builders, the edition the construction Press Ltd, Lancaster, England, 1980.

**38-Vergara.L G.M.D. Tomasella**, Reconnaître les styles architecturaux, éditions de VECCHI S.A, paris, 1995

**39-Wright, David**, Soleil, nature et architecture, éditions Parenthèses, Marseille, France, 1979.

**40-Construire avec le climat**, brochure réalisée par la direction de la construction et la mission Energie et Bâtiment, Paris, France, 1979.

**41-Algérie regards croisés** : ouvrage édité avec le concours du commissariat général de l'année de l'Algérie en France, édition dirigé par Freddy Ghozland et Georges Rivière, édition Facih, rue de cirta-Hydra-Alger, 2003

#### **B- Articles :**

**1-Abbaoui messaoud, Azizi nourredine et Djemili abderezak**, les mixités sociale, urbaine et de l'activité a l'échelle domestique : le cas de la Harat de Sétif (Algérie), revue perspectives scientifiques & société, N° 1, septembre 2008,

**2-Adolphe L, Maïzia M, Izard J.L, Lehtihet K, Boussoualim A, Aït-Ameur K, Châtelet A. et al**, "Le bâtiment et la ville". In : " SAGACités : Vers un système d'aide à la gestion des ambiances urbaines. Rapport final". Laboratoire : GRECO. M.E.N.R.T.- Direction de la Technologie N° 99 V0532, **2002**, France. **A verifier**

**3-Augoyard.J.F et Lachal.B (2003)**, " Du confort à la notion d'ambiance", et "Confort d'été et énergie". In : "Habitat, confort et énergie". Actes de la 13<sup>e</sup> Journée du CUEPE, 22 mai 2003, Colloque du cycle de formation du Cuepe 2002-2003". Edités par Pierre Hollmuller, Bernard Lachal, Franco Romerio, Willi Weber. Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie (CUEPE), Genève.

**4-Candas V. (2003)**, " L'homme dans son environnement climatique : facteurs d'influence, thermorégulation, sensibilité et confort thermiques". In : "Habitat, confort et énergie". Actes de la 13<sup>e</sup> Journée du CUEPE, 22 mai 2003, Colloque du cycle de formation du Cuepe 2002-2003". Edités par Pierre Hollmuller, Bernard Lachal, Franco Romerio, Willi Weber. Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie (CUEPE), Genève.

**5-Kaoula.D et Lehtihet. M**, Construire avec le climat : réflexion sur les outils d'architectures en climat méditerranéen/cas de la ville de Jijel, in 1<sup>st</sup> International Conference on Sustainable

Built Environment Infrastructures in Developing Countries, ENSET Oran (Algérie) - Octobre 12-14, 2009

**6-Marialena Nikolopoulou, Spyros Lykoudis and Maria Kikira**, Modèles de confort thermique pour les espaces extérieurs en milieu urbain, In RUROS, 1998-2002

**7-Martinet C. & Meyer J.P. (1999)**, "Travail à la chaleur et confort thermique" NS 184, Note scientifique & technique. Institut National de Recherche et de Sécurité (I.N.R.S.). In : "www.inrs.fr".

**8-Millanoye M. (2002)**, "L'ambiance thermique". Ergonomie - Cours B1- CNAM ed. Paris. In : "www.cnam.fr".

**9-Muhaisen.S.A et Gadi.B.M** : Effect of courtyard proportions on solar heat gain and energy requirement in the temperate climate of Rom, Building and Environment , N°41, 2005,P:245-253

**10-Muhaisen. S.A**, Shading simulation of the courtyard form in different climatic regions, Building and Environment , N° 41, 2005 P: 1731–1741

**11-Niels-Ulrik Kofoed and Maria Gaardsted**, Prise en compte du vent dans les espaces urbains in RUROS, 1998-2002

**12-Oke T.R**, climat incidence du developpement urbain sur le, In l'encyclopedie Canadienne, 2006

**13-Rajapaksha.I, Nagai. H, Okumiya. M**, A ventilated courtyard as a passive cooling strategy in the warm humid tropics, Renewable Energy, N° 28, 2002

**14-Ratti, C. Raydan, D. & Steemers, K**, "Building Form and Environmental Performance: Archetypes, Analysis and an Arid Climate". Energy and Buildings , N° 35, 2003.P: 49–59

**15-Tablada.A, F. De Troyer, B. Blocken, J. Carmeliet, H. Verschure**, On natural ventilation and thermal comfort in compact urban environments – the Old Havana case, Building and Environment, N° 44, 2008

**16-Kassab.T**, "Evolution du patio dans la maison d'habitation individuelle en Algérie», in : les cahiers de l'EPAU, Habitat, n° 7/8, octobre, 1998

**17-Martinet C. & Meyer J.P.**, Travail à la chaleur et confort thermique NST 184, Note scientifique & technique, Décembre 1999. Institut National de Recherche et de Sécurité (I.N.R.S.). In: "www.inrs.fr".

**18-Professeur SKAARET**, Mémento : Guide technique de la diffusion de l'air, mars 2006

**B- Thèses de magistère et doctorat:**

- 1- **Hamel, Khalissa** la ville compacte: une forme urbaine d'une ville durable en régions arides. Cas de Biskra, Thèse de magistère, Université de Biskra, Novembre 2005.
- 2- **BOUTABBA Samir Djemoui**, Confort thermique urbain entre mesure et perception, étude de cas à Sidi-Okba, thèse de magistère, Université de Biskra, 2007
- 3- **M'SELLEM Houda**, Le confort thermique entre perception et évaluation par les techniques d'analyse bioclimatique, cas des lieux de travail à Biskra, thèse de magistère, Université de Biskra, 2007
- 4- **Medjelekh, Dalel**, Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment, cas de l'habitat de l'époque coloniale à Guelma, thèse de magistère, Université de Constantine, 2006.
- 5- **BOURAOUI.R**, Stratégies pour des lotissements environnementaux en Algérie (Cas de Jijel), thèse de magistère, Université de Jijel, 2006.
- 6- **BOZONNET Emmanuel**, impact des microclimats urbains sur la demande énergétique des bâtiments, cas de la rue canyon, thèse de doctorat, Université de la rochelle, 2005.
- 7- **BELMAAZIZ Mohamed**, Les ambiances thermo-aérauliques dans les atriums linéaires. Contribution à la constitution de règles expertes utilisables dans la conception du projet, thèse de doctorat, Université de Nantes, 2003.
- 8- **Mohdeb, Rachid**, l'espace habité et l'habitat dans la ville de Jijel, thèse de doctorat, Université d'Aix Marseille, 1988
- 9- **MOUJALLED Bassam**, Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés, thèse de doctorat, Université de Lyon, 2007.
- 10- **NARÇON. Sandrine**, caractérisation des perceptions thermiques en régime transitoire contribution a l'étude de l'influence des interactions sensorielles sur le confort, thèse de doctorat, l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, 2001
- 11- **Pascal.J**, l'espace sensible du monastère cistercien aux origines : essai de caractérisation des ambiances architecturales, thèse de doctorat, Université de Nantes, 2003.
- 12- **Siret. Daniel**, propositions pour une approche déclarative des ambiances dans le projet architectural. Application à l'ensoleillement, thèse de doctorat, Université de Nantes, 1997.
- 13- **Vinet. Jérôme**, Contribution à la modélisation thermo-aéraulique du microclimat urbain. Caractérisation de l'impact de l'eau et de la végétation sur les conditions de confort en espaces extérieurs, thèse de doctorat, Université de Nantes, 2000.
- 14- **TIXIER, Nicolas**, Morpho-dynamique des ambiances construites, thèse de doctorat, Université de Nantes, 2001.

**C- Documents gouvernementaux :**

- ✿ **Ministère de l'habitat**, Recommandations architecturales, ENAG éditions, Alger, Algérie, 1993.
- ✿ **Ministère de l'habitat**, Document technique réglementaire, (D.T.R.C3-2), Réglementations techniques des bâtiments d'habitation, règles de calcul des déperditions calorifiques, Fascicule 1, Centre National d'Etude et de Recherche Intégrées du bâtiment CNERIB, Alger, 1998.
- ✿ **Normes ISO** relatives à l'ergonomie et les ambiances thermiques.
- ✿ **A.D.E.M.E**, (**Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie**).
- ✿ **A.R.E.N.E** (**Agence Régionale de l'Energie**).
- ✿ **Architecture et climat**
- ✿ **Association HQE** : Haute qualité environnementale.
- ✿ **ASHRAE**: American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers.

**D- Conférences :**

- ✿ Conférence international sur les énergies renouvelables ( ICRE '07), Université de Bejaia, 2007
- ✿ Conférence international sur l'architecture et le développement durable, université de Biskra, 2008. (Article : Enseigner la conception architecturale assistée par ordinateur, Caroline Lecourtois)
- ✿ PLEA2006 - The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, September 2006.

**E- Dictionnaire et Encyclopédie :**

- ✿ Dictionnaire Encyclopédie 2000
- ✿ Dictionnaire le petit Larousse illustré 2007
- ✿ Encyclopédie scientifique en ligne:  
[www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=4414 - 55k](http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=4414-55k), 2008
- ✿ Collection Microsoft Encarta 2009

**F- Autres :**

- ✿ CD- Rom : réalisé par Architecture et Climat, 2001.
- ✿ CD- Rom : énergie plus, version 5 /réalisé par Architecture et Climat avec le soutien de la D.G.T.R.E. - Division de l'Energie et le Ministère de la Région wallonne, 2004.
- ✿ CD-Rom : 12 dictionnaires indispensables



## **Résumé :**

Le mot climat ou microclimat est inclusif inévitablement de certains facteurs environnementaux tels que: vent, température de l'air, précipitations et autres. Dans sa volonté d'optimiser son confort, l'homme d'aujourd'hui comme celui d'hier tente sans cesse de mieux comprendre le comportement de ces facteurs.

Maitriser les ambiances nécessite une bonne compréhension de l'interaction entre l'environnement et l'utilisateur. Pour ce faire, l'ambiance d'un espace doit être pensée comme la triade (forme, structure, fonctionnalité). Dans ce sens, les notions très en vogue d'architecture bioclimatique ou architecture solaire illustrent on ne peut mieux l'utilité de savoir conjuguer ces paramètres.

L'adaptation de l'architecture à chaque climat apporte des réponses ingénieuses dans n'importe quel lieu à travers l'instauration d'une parfaite symbiose entre l'environnement et le bâtiment. Construire avec le climat, exige l'utilisation des stratégies passives pour la modification du climat intérieur en favorisant les environnements confortables et cela procure un meilleur confort thermique. En climat méditerranéen, le confort thermique estival repose sur la stratégie du froid où l'effet combiné de la température et l'humidité (qui est très élevée) représente la source de l'inconfort durant cette période. Dans ce cas une bonne conception est d'autant plus importante avec des outils architecturaux de conception qui sont capables de rétablir la notion du confort dans l'espace habité. Le patio qui a d'ailleurs été une référence de tout premier ordre pour les grands architectes, il est aussi l'un des stratégies bioclimatiques pour atténuer les fluctuations climatiques extérieures, c'est le principal intermédiaire entre l'intérieur et l'extérieur, il joue donc le rôle d'un régulateur thermique de l'ambiance intérieure dans d'un contexte bien précis, et cela suivant deux principaux paramètres qui sont les facteurs extrinsèques et intrinsèques relatifs à ce dispositif architectural, parmi ces paramètres on trouve: la géométrie, l'aspect physique (essentiellement : la végétation et l'eau) l'orientation, les apports internes...Le confort thermique peut être assuré par un meilleur compromis entre tout ces facteurs.

**Mots-clés : Climat, climat méditerranéen, microclimat, ambiance, confort thermique, patio.**

**Summary:**

The word climate or microclimate is inevitably inclusive of certain environmental factors such as: wind, temperature of the air, precipitations and others. In his will to optimize his comfort, the man of today as that of yesterday unceasingly tries to better understand the behavior of these factors.

To control environments requires a good comprehension of the interaction between the environment and the user. With this intention, the environment of a space must be thought like the triad (form, structure, functionality). In this direction, the concepts very in bioclimatic vogue of architecture or solar architecture illustrate one cannot best the utility to know to combine these parameters.

The adaptation of architecture to each climate gives clever answers in any place through the introduction of a perfect symbiosis between the environment and the building. To build with the climate, requires the use of the passive strategies for the modification of the interior climate by supporting the comfortable environments and that gets a better thermal comfort. In Mediterranean climate, estival thermal comfort rests on the strategy of the cold where the combined effect of the temperature and the moisture (which is very high) represent the source of discomfort during this period. In this case a good design is all the more important with architectural tools of design which are able to restore the notion of comfort in inhabited space. The patio which was besides a reference of very first order for the great architects, it is also one of the bioclimatic strategies to attenuate the external climatic fluctuations, it is the principal intermediary between the interior and outside, he thus plays the part of a thermal regulator of interior environment in quite precise context, and that following two principal parameters which are the extrinsic and intrinsic factors relative to this architectural device, among these parameters one finds: geometry, the physical aspect (primarily: the vegetation and water) the orientation, the internal contributions... thermal comfort can be assured by a better compromise between all these factors.

**Key words: Climate, Mediterranean climate, microclimate, environment, thermal comfort, courtyard.**

## ملخص :

المناخ أو المناخ المصغر، حتميا يتكون كلا منهما من عوامل بيئية مثل: الرياح، درجة حرارة الهواء، الأمطار وغيرها. في الماضي و الحاضر، الإنسان يحاول دون توقف فهم سلوك هذه العوامل من اجل تحسين راحته.

التحكم في الأجواء يتطلب الفهم الجيد للتفاعل القائم بين الإنسان وبيئته. ولهذا السبب، بيئة البناية يجب التفكير فيها تماما مثل الثلاثية (شكل، هيكل ووظيفة) للمشروع. على هذا النحو، المفاهيم الجد في رائجة للعمارة المناخية و المعمارية الشمسية هي أفضل الأمثلة على هذا الاتجاه في العمارة الحديثة.

تكيف العمارة في أي مناخ يجلب إجابات ذكية في أي مكان من خلال إدخال التعايش المثالي بين البيئة والبناية. البناء مع المناخ ، يتطلب استخدام استراتيجيات سلمية لتعديل المناخ الداخلي من خلال دعم البيئات الداخلية المريحة، للحصول على الراحة الحرارية بشكل أفضل. في مناخ البحر الأبيض المتوسط ، الراحة الحرارية الصيفية تعتمد على إستراتيجية البرودة، حيث التأثير المشترك لدرجات الحرارة والرطوبة (والتي هي عالية جدا) تمثل مصدر لعدم الراحة خلال هذه الفترة ، في هذه الحالة التصميم الجيد يكون أكثر من ضروري و ذلك باستعمال أدوات التصميم المعمارية التي بإمكانها استعادة مفهوم الراحة في الفضاء المأهولة. الفناء الذي كان مرجع من الدرجة الأولى بالنسبة للمهندسين المعماريين الكبار، كما أنها واحدة من الاستراتيجيات البيومناخية للتخفيف من التقلبات المناخية الخارجية ، اذ يعتبر الوسيط الرئيسي بين الداخل والخارج ، وبالتالي فهو يلعب دور المنظم الحراري للبيئة الداخلية في سياق دقيق جدا ، وذلك حسب عاملين رئيسيين، العوامل الخارجية والجوهرية لهذا الجهاز المعماري ، من بين هذه المعايير نجد :الشكل الهندسي ،الجانب المادي (في المقام الأول : النباتات المياه) التوجه ، المساهمات الداخلية... ضمان الراحة الحرارية يكون بالجمع المناسب بين جميع هذه العوامل.

الكلمات الرئيسية : المناخ ، مناخ البحر الأبيض المتوسط ، المناخ المصغر ، جو ، راحة حرارية ،  
فناء

**SOMMAIRE**

Dédicace  
Remerciements

Sommaire.....	IV
Liste des figures.....	XII
Liste des graphes.....	XIV
Liste des tableaux.....	XVII
Liste des photos.....	XVIII

**Chapitre introductif**

Introduction générale.....	1
1. Problématique et cadre d'étude.....	2
2. Hypothèses.....	4
2. Objectifs de la recherche.....	4
4. Méthodologie de recherche.....	4
5. La structure de la thèse.....	6
6. Organigramme de la thèse.....	8

**PARTIE I :****Approche théorique****CHAPITRE I : Climat et microclimat urbain**

Introduction.....	9
I.1- Quelques définitions préliminaires.....	10
I.1.1- Climat.....	10
I.1.2- Climatologie.....	10
I.2- Les facteurs climatiques.....	10
I.2.1- Les facteurs énergétiques.....	11
I.2.1.1- Rayonnement solaire.....	11
I.2.1.2- Lumière.....	11
I.2.1.3- Température de l'air.....	11
I.2.2- Les facteurs hydrologiques.....	12
I.2.2.1- Les précipitations.....	12
I.2.2.2- L'humidité relative.....	12
I.2.3- Les facteurs mécaniques.....	12
I.2.3.1- Les vents.....	12
I.3- Les échelles du climat.....	12
I.3.1- Macroclimat.....	13
I.3.2- Mésoclimat.....	13
I.3.3- Topoclimat.....	13
I.3.4- Microclimat.....	13
I.4- Les différents climats existants dans le monde.....	14
I.4.1- Climat équatorial.....	14
I.4.2- Climat tropical.....	15
I.4.2.1- Climat tropical de mousson.....	15
I.4.2.2- Climat tropical de Savane.....	15
I.4.2.3- Climat tropical humide.....	15
I.4.3- Climat aride.....	16

I.4.4- Climat tempéré .....	16
I.4.4.1-Climat méditerranéen .....	16
I.4.5- Climat Continental.....	16
I.4.6- Climat polaire .....	17
I.4.7- Climat montagnard .....	17
I.5-Climats de l'Algérie.....	17
I.5.1- Les zones climatiques d'hiver .....	19
I.5.2- Les zones climatiques d'été .....	20
I.6- Climat et microclimat urbain .....	21
I.6.1- La notion de canopée urbaine et CLU .....	21
I.6.2-Paramètres affectant le climat urbain .....	22
I.6.2.1-La densité et taille de la ville .....	23
I.6.2.2- La morphologie .....	23
I.6.2.3- Différentes activités tenant place dans l'espace.....	24
I.6.2.4- La couverture minérale de la ville.....	24
I.6.2.5- La couverture végétale .....	26
I.6.2.6- Les étendues d'eau .....	26
I.6.2.7- L'albédo .....	27
I.6.3-Les phénomènes de base influençant l'environnement urbain .....	27
I.6.3.1-Le bilan radiatif .....	27
I.6.3.2- Les températures et îlot de chaleur urbain.....	28
I.6.3.3-Rugosité et vent .....	31
I.6.3.4-Pollution de l'air et des précipitations .....	32
Conclusion .....	33

## **CHAPITRE II : Ambiance et confort thermique :**

Introduction .....	34
II .1- L'ambiance thermique .....	35
II .1.1- Généralités sur la notion d'ambiance .....	35
II .1.2- Les éléments constitutifs d'une ambiance .....	36
II .1.2.1- Les objets .....	37
II .1.2.2- Les sujets .....	37
II .1.2.3- L'interface .....	37
II .1.3- Les échelles d'une ambiance .....	37
II .1.3.1- L'échelle spatiale .....	37
II .1.3.2- L'échelle temporelle .....	37
II .1.3.3- L'échelle climatique .....	38
II .1.4- L'ambiance thermique .....	38
II .1.4- Les différentes notions d'ambiance thermique .....	38
II .1.4.1- Ambiance thermique neutre .....	38
II .1.4.2- Ambiance thermique froide .....	38
II .1.4.3- Ambiance thermique chaude .....	39
II .1.5- Ambiance thermique acceptable pour le confort .....	39
II .2.Le confort thermique .....	40
II.3- Les paramètres du confort thermique .....	41
II.3.1- La température de l'air .....	41
II.3.2-La température des parois (Tp) .....	41
II.3.3- L'humidité relative de l'air (HR) .....	41
II.3.4- La vitesse de l'air .....	42
II.3.5- La tenue vestimentaire .....	42
II.3.6- Le métabolisme .....	42
II.4- Gêne thermique localisée .....	44
II.4.1-Asymétrie de rayonnement .....	44

II.4.2-Température du sol .....	44
II.4.3-Différences de température d'air le long de corps .....	45
II.4.4-Différences de température en vertical .....	45
II.4.5-Vitesse de l'air .....	45
II.5- Les aspects du confort thermique .....	46
II.5.1- L'aspect physique .....	46
II.5.1.1- L'échange thermique .....	46
II.5.1.2- Le bilan thermique .....	49
II.5.2- L'aspect physiologique .....	50
II.5.2.1- Thermo-physiologie du corps humain .....	50
II.5.2.2- Thermogenèse (production de la chaleur) .....	52
II.5.2.3- Thermolyse (perte de chaleur).....	52
II.5.2.4- Thermorégulation (végétative et comportementale) .....	52
II.5.2.4.1- Thermorégulation végétative .....	53
II.5.2.4.2- Thermorégulation comportementale .....	53
II.5.3- L'aspect psychologique .....	55
II.6- Approche sensorielle .....	55
II.6.1- La sensation thermique .....	55
II.6.2- Echelles de sensation thermique .....	56
II.7- Stratégies d'évaluation du confort thermique.....	57
II.7.1-Les indices thermiques .....	57
II.7.1.1-Indice de la température effective (S.E.T) .....	57
II.7.1.2-Indice de la température résultante (T.R) .....	58
II.7.1.3-Le taux de sudation prévu après quatre heures d'exposition (TSP4) .....	59
II.7.1.4-Indice de contrainte calorifique (I.C.C) .....	60
II.7.1.5-Indice de contrainte thermique (I.C.T) .....	60
II.7.1.6-PMV et PPD .....	61
II.7.1.7-Indice (WBGT) .....	61
II.7.2- Les méthodes d'analyse bioclimatique .....	62
II.7.2.1- Méthode d'Olgyay .....	62
II.7.2.2- Méthode de GIVONI .....	63
Conclusion .....	66

### **CHAPITRE III : Quelques notions sur la thermique du bâtiment :**

Introduction.....	67
III .1- Notion de chaleur et de température .....	68
III .2- Les éléments influençant sur la température intérieure .....	69
III .2.1- Forme architecturale (géométrie de l'enveloppe) .....	70
III .2.2- L'orientation .....	72
III .2.3- L'inertie thermique .....	72
III .2.4- Isolation thermique .....	73
III .2.5- Systèmes d'occultation .....	73
III .2.6- Les apports solaires .....	75
III .2.7- Les apports internes .....	76
III .2.8- Le zonage thermique et les espaces tampons .....	76
III .2.9- Les caractéristiques thermiques des matériaux de construction .....	76
III .2.10- Les ponts thermiques .....	77
III .2.11- La couleur des parois .....	77
III .2.12- La ventilation .....	78
III .3- Confort thermique d'été .....	79
III .3.1- La ventilation naturelle .....	80
III .3.2- Inertie thermique .....	81
III .3.3- Limiter les apports solaires en été .....	82

III .3.4- L'orientation du bâtiment .....	83
III .3.5- La réduction des apports internes .....	83
III .3.6- Conception adaptée .....	83
III .3.7- Traitement des espaces extérieurs .....	83
III .4- Les outils architecturaux en climat méditerranéen .....	84
Conclusion .....	86

#### **CHAPITRE IV : Le patio et ses aspects environnementaux :**

Introduction.....	87
IV.1-Définitions et généralités sur le patio .....	88
IV.2- Le patio de l'Antiquité à nos jours .....	88
IV.2.1- Dans les civilisations antiques .....	88
IV.2.1.1-Maison sumérienne et Egyptienne .....	88
IV.2.1.2-Maison grecque .....	89
IV.2.1.3-Maison romaine .....	90
IV.2.2- Dans la civilisation islamique .....	91
IV.2.2.1-Exemple d'une maison à patio dans la médina de Tunis .....	91
IV.2.2.2-Exemple d'une maison à patio dans le Ksar de Ghardaïa .....	92
IV.2. 3- Le patio de l'ère contemporaine .....	94
IV.2. 3.1- Maison à patio Méditerranéen de style néo-mauresque .....	94
IV.2. 3.2- Le patio selon quelques architectes de l'ère moderne .....	95
IV.3- Les rôles du patio .....	96
IV.3.1- Le rôle spirituel .....	96
IV.3.2- Le rôle climatique .....	96
IV.3.3- Le rôle social .....	97
IV.3.4- Le rôle organisationnel.....	98
IV.3.5- Le rôle Psychologique .....	98
IV.3.6- L'intimité .....	99
IV.4- Les formes du patio .....	99
IV.4.1- Selon la forme en plan.....	99
IV.4.2- Selon les proportions.....	99
IV.4.2.1-Exposition au soleil.....	100
IV.4.2.2-Solar shadow index .....	100
IV.4.3-Selon la taille .....	101
IV.4.4-Selon le climat .....	101
IV.4.4.1-Climat chaud .....	101
IV.4.4.2-Climat tempéré .....	101
IV.4.5-Selon la position du vide .....	102
IV.5- Fonctionnement du patio dans le domaine d'ambiance .....	103
IV.5.1- L'ambiance thermique .....	103
IV.5.2- L'ambiance lumineuse .....	106
IV.5.3- L'ambiance aéraulique et olfactive .....	106
IV.5.4- L'ambiance acoustique .....	106
Conclusion .....	107

#### **CHAPITRE V : L'état de l'art sur l'efficacité thermique du patio**

Introduction .....	108
V.1. L'étude de Muhaisen.S A et Gadi.B M : l'effet de la proportion du patio sur les gains solaire et la demande énergétique dans le climat tempéré de Rome.....	109
V.1. 1- Présentation du climat de Rome .....	109

V.1. 2- Les moyens de modélisation thermique.....	109
V.1. 3- L'effet de la proportion du patio sur les gains solaire et la demande énergétique.....	109
V.1. 3.1- Présentation des cas d'étude .....	109
V.1. 3.2- Les résultats .....	110
V.1. 4- L'effet de l'ombre sur les gains solaires et la demande énergétique .....	111
V.1. 4.1- Présentation des cas d'étude.....	111
V.1. 4.2- Les résultats .....	112
V.1. 5-L'effet de l'élongation du patio sur les gains solaire et la demande énergétique.....	113
V.1. 5.1- Présentation des cas d'étude .....	113
V.1. 5.2- Les résultats .....	113
V.1. 6- Note importante N°1 .....	114
V.2- L'étude de Muhaisen. S A : Simulation de l'ombrage pour différentes formes du patio dans différents latitudes.....	114
V.2.1- Objectifs de la recherche .....	114
V.2.2- Simulation de l'ombrage pour différentes formes du patio.....	115
V.2.2.1- Présentation des cas d'étude .....	115
V.2.2.2- Les résultats .....	116
V.2.3- L'effet de la hauteur du patio sur le taux de la surface ombragée dans quatre villes .....	118
V.2.3.1- Présentation des cas d'étude .....	118
V.2.3.2- Les résultats .....	119
V.2.4-Effet de la course journalière du soleil sur la surface ombragée .....	120
V.2.4.1-Les résultats .....	120
V.2.5-L'effet de l'orientation .....	121
V.2.6-Les ratios optimaux .....	122
V.2.7-Note importante N°2.....	123
V.3- L'étude de Rajapaksha. I et al : la cour ventilée comme stratégie passive pour le refroidissement dans le climat chaud et humide (climat tropical) .....	124
V.3.1- Présentation des cas d'étude .....	124
V.3.2-L'évolution de la température de l'air .....	125
V.3.3-Le profil vertical de la température .....	125
V.3.4-Température intérieure et confort thermique.....	126
V.3.5-La vitesse de l'air .....	127
V.3.6- Note importante N°3 .....	127
V.4- L'étude de Tablada.A et al : La ventilation naturelle et le confort thermique dans l'environnement urbain compact (cas de Havana) .....	128
V.4. 1- Présentation du climat de Havane .....	128
V.4.2- Présentation des cas d'étude .....	128
V.4.3- Les résultats .....	129
V.4.3.1- L'évolution de vitesse de l'air mesurée .....	129
V.4.3.2- L'évolution de la température effective standard (SET) .....	129
V.4.3.3- L'évolution de la température et l'humidité de l'air .....	130
V.4.3.4- Les sensations thermiques vis-à-vis de l'ambiance thermique .....	130
V.4.3.5- Note importante N°4 .....	132
Conclusion .....	133

## **CHAPITRE VI : Caractéristiques de l'architecture coloniale et typologie d'habitat à Jijel:**

Introduction .....	134
VI.1- Quelques définitions préliminaires sur l'habitat.....	135
VI.2- Les origines de l'architecture coloniale en Algérie.....	136
VI.3- Les Caractéristiques de l'architecture coloniale.....	137
VI.3.1-la régularité.....	137
VI.3.1.1-La régularité comme efficacité .....	137

VI.3.1.2- La régularité comme une éthique et comportement.....	137
VI.3.1.3- La régularité comme souci d'économie .....	138
VI.3.2- Les caractéristiques au niveau urbain.....	138
VI.3.2.1- Le découpage de la ville en îlots.....	138
VI.3.2.2- Le découpage parcellaire.....	138
VI.3.2.3- La répartition des édifices publics.....	138
VI.3.2.4- L'espace public et les plantations.....	139
VI.3.3- VI.3.3- Les caractéristiques au niveau architectural.....	140
VI.4-L'habitat dans la ville de Jijel.....	140
VI.4.1- Aperçu historique sur la ville de Jijel.....	140
VI.4.2-La logique d'évolution de l'habitat dans la ville de Jijel.....	141
VI.4.3- Les différents types d'habitat dans la ville.....	142
VI.4.3.1- L'habitat contigu.....	142
VI.4.3.1.1- Contigu colonial.....	142
VI.4.3.1.2- Contigu récent .....	143
VI.4.3.2- L'habitat type recasement.....	143
VI.4.3.3- L'habitat type villa.....	143
VI.4.3.4- L'habitat auto construit .....	144
VI.4.3.5- L'habitat type lotissement.....	144
VI.4.3.6- L'habitat collectif .....	144
VI.4.3.7- Habitat précaire.....	145
VI.4.4- Les différents types d'habitat dans la zone d'étude .....	145
VI.4.4.1- Type individuel colonial .....	147
VI.4.4.2- Type individuel arabe .....	147
VI.4.4.3- Type récent .....	148
VI.4.4.4- Type semi – collectif .....	148
VI.4.4.5- Type collectif colonial .....	148
VI.4.4.6- Type immeuble de rapport .....	149
VI.4.4.7- Type Harat .....	149
VI.4.4.8- Type H.L.M .....	150
VI.4.4.9- Type collectif récent .....	150
VI.4.4.10- Type habitat d'accompagnement .....	150
Conclusion .....	151

**PARTIE II :****Approche Analytique****VII. Présentation de l'environnement d'étude et de l'investigation in situ :**

Introduction .....	152
VII.1-Critères de choix de la ville de Jijel .....	153
VII.2-Présentation de la ville de Jijel .....	153
VII.2.1-Situation géographique .....	153
VII.2.2-Analyse climatique de la ville de Jijel .....	154
VII.2.2.1-Les températures .....	154
VII.2.2.2-L'humidité .....	155
VII.2.2.3-Le vent .....	156
VII.2.2.4-Les précipitations .....	157
VII.2.2.5-L'évaporation .....	157
VII.2.2.6-La durée d'insolation .....	158
VII.2.3-Présentation du périmètre d'étude .....	158
VII.2.3.1-Présentation de la zone d'étude .....	160
VII.2.3.2-Critère de choix de la maison de l'époque coloniale .....	160
VII.2.3.3-Étude typologique et échantillonnage .....	160
VII.3-Présentation des cas d'étude .....	164

VII.3.1-La maison N °1 .....	164
VII.3.1-La maison N °2 .....	166
VII.3.1-La maison N °3 .....	168
VII.3.1-La maison N °4 .....	170
VII.3.1-La maison N °5 .....	172
VII.3.1-La maison N °6 .....	175
VII.3.1-La maison N °7 .....	177
VII.4- Présentation des appareils de mesures utilisés .....	181
VII.5-Précision des appareils de mesure et étalonnage .....	182
VII.6-Conditions de déroulement des mesures: .....	183
Conclusion :.....	184 R

## **CHAPITRE VIII : Interprétation des résultats de l'investigation**

Introduction .....	185
VIII.1-Évaluation de la température et l'humidité de l'espace intérieur .....	185
VIII.1.1-Étude comparative de la température moyenne intérieure et extérieure .....	186
VIII.1.1.1-Étude comparative de la température moyenne intérieure et extérieure pour : M1, M2, M3 ...	186
VIII.1.1.2-Étude comparative de la température moyenne intérieure et extérieure pour : M4, M5, M6 ...	187
VIII.1.1.3-Étude de la température moyenne intérieure et extérieure pour : M7 .....	188
VIII.1.2-Étude de l'écart de température moyenne intérieure et extérieure .....	189
VIII.1.2.1-L'étude des résultats de 27 juillet .....	189
VIII.1.2.2-L'étude des résultats de 28 juillet .....	190
VIII.1.2.3-L'étude des résultats de 2 Aout .....	191
VIII.1.3-Étude comparative de l'humidité moyenne intérieure et extérieure .....	192
VIII.1.3.1-Étude comparative de l'humidité moyenne intérieure et extérieure pour : M1, M2, M3.....	192
VIII.1.3.2-Étude comparative de l'humidité moyenne intérieure et extérieure pour : M4, M5, M6 .....	192
VIII.1.3.3-Étude de l'humidité moyenne intérieure et extérieure pour : M7.....	193
VIII.2-Évaluation de l'environnement intérieur par les occupants (l'évaluation des ambiances) .....	194
VIII.2.1- Évaluation de l'environnement physique par les occupants .....	195
VIII.2.1.1-Evaluation de la température de l'air .....	195
VIII.2.1.1.1-Evaluation de la température de l'air durant la période moins chaude .....	195
VIII.2.1.1.2-Evaluation de la température de l'air durant la période chaude .....	196
VIII.2.1.2-L'humidité de l'air-occupants .....	197
VIII.2.1.2.1-Evaluation de l'humidité durant la période moins chaude .....	197
VIII.2.1.2.2-Evaluation de l'humidité durant la période chaude .....	198
VIII.2.1.3-Vitesse de l'air-occupants .....	199
VIII.2.1.3.1-La vitesse de l'air durant la période moins chaude .....	199
VIII.2.1.3.2-La vitesse de l'air durant la période chaude .....	199
VIII.2.2-Les réactions comportementales, physiologiques et technologiques .....	200
VIII.2.2.1-Les réactions comportementales et technologiques .....	200
VIII.2.2.2-Les réactions physiologiques.....	201
VIII.2.3- Evaluation de l'agrément vis-à-vis de l'ambiance globale .....	202
VIII.2.3.1-Evaluation de l'agrément de l'ambiance globale durant la période moins chaude ....	202
VIII.2.3.2-Evaluation de l'agrément de l'ambiance globale durant la période chaude .....	202
Conclusion .....	203

## **CHAPITRE IX : Simulation numérique :**

Introduction .....	205
IX.1-Objectifs de la simulation .....	205
IX.2-Présentation du logiciel de la simulation .....	206
IX.2.1-Les entrées (inputs) .....	206
IX.2.2-Le traitement des données .....	207

---

IX.2.3-Les sorties (outputs) .....	207	
IX.3-Déroulement de la simulation .....	207	
IX.3.1-Les données de la simulation .....	208	
IX.3.2-Les résultats de la simulation .....	212	
IX.3.2.1- Comparaison entre les températures mesurées et celles simulées .....	212	
IX.3.2.2-Présentation des températures moyennes intérieures pour chaque maison .....	214	
IX.3.2.3-Comparaison entre les sept maisons .....	218	
IX.3.2.3.1-Evaluation du confort thermique dans les sept maisons : (Top, PMV et PPD).....	223	
IX.3.2.4-Analyse paramétrique .....	227	
IX.3.2.4.1-Effet de la hauteur .....	227	
IX.3.2.4.2-Effet de l'ouverture au ciel ( $R_2=S/Hm$ ) .....	231	
IX.3.2.4.3-Effet de l'orientation .....	232	
IX.3.2.4.4-Effet de la mitoyenneté .....	238	
IX.3.2.4.5-Effet de la couverture du patio .....	246	
IX.3.2.4.6- Effet de taux des ouvertures de l'enveloppe interne du patio .....	247	
IX.3.2.4.7-Effet des apports internes .....	248	
Conclusion .....	250	
 <b><u>Conclusion générale et recommandations</u></b>		
Conclusion générale .....	251	
Recommandations .....	254	
Futures pistes de recherches .....	256	
 <b><u>Bibliographie</u></b> .....		257
 <b><u>Annexes</u></b>		
Annexe 1 : Quelques données sur le climat.....	264	
Annexe 2 : Analyse bioclimatique de la ville de Jijel.....	269	
Annexe 3 : Les propriétés thermiques des matériaux de construction+le calcul des apports internes .....	279	
Annexe 4 : Analyse typo-morphologique de la zone d'étude .....	284	
Annexe 5 : Questionnaire sur le confort et l'ambiance thermique .....	297	
Annexe 6 : Évaluation de l'ambiance thermique : paramètre physique-occupants .....	303	
Annexe 7 : Quelques résultats de la simulation : PMV et PPD .....	308	
Annexe 8 : L'effet régulateur du patio .....	317	
 Résumés .....	 321	

**Liste des figures :****CHAPITRE I**

Figure-I.1	Le spectre solaire .....	11
Figure-I.2	Les zones climatiques dans le monde .....	14
Figure-I.3	Les zones climatiques d'hiver et d'été en Algérie .....	20
Figure-I.4	Les couches de l'atmosphère terrestre.....	21
Figure-I.5	La canopée urbaine et la CLU.....	22
Figure-I.6	Les modifications du climat urbain par rapport aux données moyennes hors milieu urbain.....	23
Figure-I.7	La couleur de la surface (réflexion-absorption) .....	25
Figure-I.8	Température de surface de 3 matériaux (ardoise, gazon arrosé, asphalte) .....	25
Figure-I.9	Carte de la température de surface : exemple de Singapoor .....	25
Figure-I.10	Divers albédos de l'environnement urbain .....	27
Figure-I.11	Les paramètres influençant la température urbaine .....	28
Figure-I.12	Profil schématique de l'îlot de chaleur urbain .....	29
Figure-I.13	Photos Fish-eye prises au niveau des rues de type Canyon .....	30
Figure-I.14	Phénomène d'amplification de l'îlot de chaleur .....	30
Figure-I.15	Profils de vitesses du vent pour trois différents types de surfaces .....	32

**CHAPITRE II**

Figure-II.1	Modalités d'un phénomène d'ambiance in situ.....	35
Figure-II.2	Les composants d'une ambiance .....	36
Figure-II.3	Ambiance thermique : sensation et réactions .....	39
Figure-II.4	Production de chaleur en fonction de l'activité .....	43
Figure-II.5	Asymétrie de la température rayonnante et insatisfaction .....	44
Figure-II.6	Effet de la température du sol .....	45
Figure-II.7	Effet d'une différence de température entre la tête et les chevilles .....	45
Figure-II.8	Influence de la vitesse de circulation de l'air et de la température ambiante sur le taux de refroidissement par évaporation de la sueur .....	48
Figure-II.9	les échanges thermiques entre l'ambiance et l'homme .....	48
Figure-II.10	Taille du noyau central de température constante dans différentes situations....	51
Figure-II.11	Température centrale mesurée pendant 4 jours (9 sujets) .....	51
Figure-II.12	Thermorégulation végétative, comportementale et technique .....	54
Figure-II.13	La température opérative idéale en fonction du métabolisme et l'habillement ...	59
Figure-II.14	Détermination du pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD) en fonction du vote moyen prévisible (PMV) .....	61
Figure-II.15	Diagramme bioclimatique d'Olgyay .....	63
Figure-II.16	Diagramme psychrométrique de Givoni .....	64

**CHAPITRE III**

Figure-III.1	Les modes de transfert de chaleur à travers une paroi.....	68
Figure-III.2	Les éléments influençant sur la température intérieure .....	69
Figure-III.3	L'orientation des espaces.....	72
Figure-III.4	Déphasage et amortissement d'une onde de chaleur à travers un matériau homogène .....	73
Figure-III.5	Type d'occultation horizontale (1), verticale (2) et combinée (3) .....	74
Figure-III.6	L'occultation naturelle .....	75
Figure-III.7	L'effet combiné de l'orientations et le rapport entre la surface de la façade / fenêtre .....	75
Figure-III.8	Le zonage thermique (climat froid) .....	76
Figure-III.9	Valeur du coefficient d'absorption (a) pour des laques cellulosiques .....	77
Figure-III.10	Les principes du confort d'été .....	80

Figure-III.11	Solutions de protection solaire pour une paroi Sud (à gauche) Ouest (à droite)...	82
Figure-III.12	Quelques techniques pour le refroidissement en espace extérieur (climat méditerranéen) .....	84
<b>CHAPITRE IV</b>		
Figure-IV.1	Plan et coupe d'une maison sumérienne (à gauche), plan d'une maison Egyptienne ancienne (à droite) .....	89
Figure-IV.2	Axonométrie d'une maison grecque avec atrium .....	89
Figure-IV.3	Plan et coupe transversale d'une maison hellénistique .....	89
Figure-IV.4	Trois états successifs d'une maison grecque de Priène .....	90
Figure-IV.5	Domus romain à péristyle (Pompéi) .....	90
Figure-IV.6	Maison populaire, médina de Tunis (XVI et XVII ° Siècle) .....	92
Figure-IV.7	Plan d'une maison du M'Zab (palmeraie) .....	94
Figure-IV.8	Plan Rez-de-chaussée d'une villa coloniale à Tunis .....	94
Figure-IV.9	Exposition au soleil (le ratio R1) .....	99
Figure-IV.10	L'absorption du rayonnement pendant la période diurne .....	100
Figure-IV.11	Le ré-rayonnement pendant la période diurne .....	100
Figure-IV.12	Solar shadow index (SSI)-R2 .....	100
Figure-IV.13	Les différentes positions du patio par rapport à la masse .....	102
Figure-IV.14	Quelques types assemblages de la maison à patio .....	103
Figure-IV.15	Effets des arbres à feuilles caduques .....	105
<b>CHAPITRE V</b>		
Figure-V.1	Situation de ville de Rome .....	109
Figure-V.2	Les formes rectangulaires simulées .....	110
Figure-V.3	Les formes rectangulaires simulées (effet combiné de la hauteur et l'ouverture au ciel) .....	112
Figure-V.4	Les formes rectangulaires simulées (élongation) .....	113
Figure-V.5	Les formes rectangulaires simulées .....	116
Figure-V.6	Les hauteurs simulées .....	118
Figure-V.7	Les orientations simulées .....	121
Figure-V.8	Le plan et la coupe de la maison testée .....	124
Figure-V.9	Plans et coupes des trois maisons étudiées .....	128
<b>CHAPITRE VI</b>		
Figure-VI.1	Dessins de quelques tracés urbains tirés du traité d'architecture de Léonce Raynaud .....	139
Figure-VI.2	L'extension de la ville de Jijel .....	141
Figure-VI.3	Les différentes étapes d'évolutions de l'habitat à Jijel .....	142
Figure-VI.4	Les limites de la zone d'étude .....	146
<b>CHAPITRE VII</b>		
Figure-VII.1	Situation géographique de la ville de Jijel .....	153
Figure-VII.2	La rose des vents durant la période 1999-2008 .....	156
Figure-VII.3	Les tissus traditionnels dans la ville de Jijel .....	159
Figure-VII.4	Localisation des maisons à étudier .....	163
Figure-VII.5	Situation de la maison n°1 .....	164
Figure-VII.6	Plan R.D.C (à gauche), Plan 1 <sup>er</sup> Étage (à droite), (Maison N°1) .....	165
Figure-VII.7	Situation de la maison n°2 .....	166
Figure-VII.8	Plan R.D.C (Maison N°2) .....	167
Figure-VII.9	Situation de la maison n°3 .....	168
Figure-VII.10	Plan R.D.C (Maison N°3) .....	169
Figure-VII.11	Situation de la maison n°4 .....	170
Figure-VII.12	Plan R.D.C (en haut), Plan 1 <sup>er</sup> Étage (en bas), (Maison M4) .....	171

Figure-VII.13	Situation de la maison n°5 .....	173
Figure-VII.14	Plan R.D.C (à gauche), Plan 1 <sup>er</sup> Étage (à droite), (Maison N°5) .....	174
Figure-VII.15	Situation de la maison n°6 .....	175
Figure-VII.16	Plan R.D.C (à gauche), Plan 1 <sup>er</sup> Étage (à droite), (Maison N°6) .....	176
Figure-VII.17	Situation de la maison n°7 .....	177
Figure-VII.18	Plan R.D.C (en bas), Plan 1 <sup>er</sup> Étage (en haut), (maison N°7) .....	178
Figure-VII.19	Schéma de prise de mesures (intérieures, du patio et de la rue) .....	184

## CHAPITRE IX

Figure-IX.1	Fenêtre de DEROB-LTH .....	206
Figure-IX.2	Fenêtre de la composition géométrique .....	207
Figure-IX.3	Fenêtre d'affichage de la température opérative, PMV, PPD .....	207
Figure-IX.4	Détails de la structure de M2 .....	209
Figure-IX.5	Les volumes de la maison (M2) .....	211
Figure-IX.6	L'ombre portée à 10 h00 et 15h00 (M1) .....	220
Figure-IX.7	L'ombre portée à 10 h00 et 15h00 (M 2) .....	221
Figure-IX.8	L'ombre portée à 10 h00 et 15h00 (M 3) .....	221
Figure-IX.9	L'ombre portée à 10 h00 et 15h00 (M 4) .....	221
Figure-IX.10	L'ombre portée à 10 h00 et 15h00 (M 5) .....	222
Figure-IX.11	L'ombre portée à 10 h00 et 15h00 (M 6) .....	222
Figure-IX.12	L'ombre portée à 10 h00 et 15h00 (M 7) .....	222
Figure-IX.13	3D sur les cas simulés (hauteur) .....	227
Figure-IX.14	Les cas simulés (ouverture au ciel) .....	231
Figure-IX.15	Les orientations simulées (M1) .....	232
Figure-IX.16	Les orientations simulées (M2) .....	238
Figure-IX.17	Les cas simulés (la mitoyenneté), scénario 1 .....	239
Figure-IX.18	Les cas simulés (la mitoyenneté), scénario 2.....	244
Figure-IX.19	Les cas simulés (la couverture) .....	246
Figure-IX.20	Les cas simulés (la taille des ouvertures) .....	247

## Liste des graphes :

### CHAPITRE III

Graphe -III.1	Effet de la ventilation nocturne sur la température d'air intérieure .....	81
---------------	--	----

### CHAPITRE V

Graphe -V.1	Effet de changement des ratios du patio sur les besoins annuels de refroidissement et de chauffage .....	111
Graphe -V.2	Le besoin énergétique annuel .....	111
Graphe -V.3	Effet de changement de la hauteur et l'ouverture au ciel sur les besoins énergétique de refroidissement et de chauffage .....	112
Graphe -V.4	L'effet de l'élongation du patio sur le besoin énergétique annuel (refroidissement et chauffage) .....	113
Graphe -V.5	le pourcentage de la surface ombragée en modifiant les proportions du patio-été- .....	117
Graphe -V.6	le pourcentage de la surface ensoleillée en modifiant les proportions du patio-hiver- .....	118
Graphe -V.7	Effet de la course journalière du soleil sur la surface ombragée .....	120
Graphe -V.8	L'effet de l'orientation sur la surface ensoleillée .....	122
Graphe -V.9	Le profil de la température ambiante et la température dans la cour (1.1m) .....	125
Graphe -V.10	Le profil de la température ambiante et la température vertical dans la cour (à 1.1, 2.5 et 3.5m) .....	126
Graphe -V.11	Le profil de la température ambiante, la température dans la cour (la moyenne de 1.1, 2.5m) et les températures extérieures .....	126
Graphe -V.12	la vitesse de l'air dans la cour et près des deux ouvertures .....	127

Graphe -V.13	Vitesse de l'air mesurée dans les trois maisons .....	129
Graphe -V.14	SET dans les trois bâtiments .....	129
Graphe -V.15	L'évolution de la température et l'humidité de l'air dans les pièces testées .....	130
Graphe -V.16	PMV prolongé, les votes réels, SET, dans les trois bâtiments .....	131
Graphe -V.17	Vitesse de l'air et les votes des usagers sur l'échelle de Bedford .....	132
<b>CHAPITRE VII</b>		
Graphe -VII.1	Evolution des températures moyennes mensuelles durant la période 1999-2008.....	154
Graphe -VII.2	Evolution de l'humidité moyenne mensuelle durant la période 1999-2008.....	155
Graphe -VII.3	Evolution des précipitations moyenne mensuelle durant la période 1999-2008...	157
Graphe -VII.4	Evolution de l'évaporation moyenne mensuelle durant la période 1999-2008....	157
Graphe -VII.5	Evolution de la durée moyenne mensuelle durant la période 1999-2008.....	158
Graphe -VII.6	Pourcentage de fréquence de la forme en plan .....	161
Graphe -VII.7	Pourcentage de fréquence de la hauteur .....	161
Graphe -VII.8	Pourcentage de fréquence de la position du patio par rapport au plein .....	162
Graphe -VII.9	Pourcentage de fréquence de l'orientation .....	162
<b>CHAPITRE VIII</b>		
Graphe -VIII.1	Variation bi-horaire des températures moyennes intérieures et extérieures (T ext,T météo, T int_M1, T in_M2, T int_M3) .....	187
Graphe -VIII.2	Variation bi-horaire des températures moyennes intérieures et extérieures (T ext,T météo, T int_M4, T in_M5, T int_M6) .....	188
Graphe -VIII.3	Variation bi-horaire des températures moyennes intérieures et extérieures (T ext,T météo, T int_M7) .....	189
Graphe -VIII.4	Écart de températures moyennes bi-horaires intérieures et extérieures (M1,M2, M3) .....	190
Graphe -VIII.5	Écart de températures moyennes bi-horaires intérieures et extérieures (M4, M5, M6) .....	191
Graphe -VIII.6	Écart de températures moyennes bi-horaires intérieures et extérieures (M7) ...	191
Graphe -VIII.7	Variation bi-horaire de l'humidité relative moyenne intérieure et extérieure (M1, M2, M3).....	192
Graphe -VIII.8	Variation bi-horaire de l'humidité relative moyenne intérieure et extérieure (M4, M5, M6) .....	193
Graphe -VIII.9	Variation bi-horaire de l'humidité relative moyenne intérieure et extérieure (M7) .....	194
Graphe -VIII.10	Distribution du vote de sensation vis-à-vis de la température durant la période moins chaude .....	195
Graphe -VIII.11	Distribution du vote de sensation vis-à-vis de la température durant la période chaude .....	196
Graphe -VIII.12	Distribution du vote de sensation vis-à-vis de l'humidité durant la période moins chaude .....	197
Graphe -VIII.13	Distribution du vote de sensation vis-à-vis de l'humidité durant la période chaude .....	198
Graphe -VIII.14	Distribution du vote de sensation vis-à-vis de la vitesse de l'air durant la période moins chaude .....	199
Graphe -VIII.15	Distribution du vote de sensation vis-à-vis de la vitesse de l'air durant la période chaude .....	200
Graphe -VIII.16	Les réactions comportementales et technologiques .....	201
Graphe -VIII.17	Réaction physiologique .....	201
Graphe -VIII.18	La gêne vis-à-vis de la sueur .....	202
Graphe -VIII.19	Evaluation de l'ambiance globale durant la période moins chaude .....	202
Graphe -VIII.20	Evaluation de l'ambiance globale durant la période chaude .....	203

**CHAPITRE IX**

Graphe -IX.1	Comparaison entre les températures moyennes intérieures mesurées et celles simulées (maison : M1) .....	212
Graphe -IX.2	Comparaison entre les températures moyennes intérieures mesurées et celles simulées (maison : M2) .....	213
Graphe -IX.3	Comparaison entre les températures moyennes intérieures mesurées et celles simulées (maison : M3) .....	213
Graphe -IX.4	Variation horaire de la température de l'air (M1) .....	214
Graphe -IX.5	Variation horaire de la température de l'air (M2) .....	214
Graphe -IX.6	Variation horaire de la température de l'air (M3) .....	215
Graphe -IX.7	Variation horaire de la température de l'air (M4) .....	215
Graphe -IX.8	Variation horaire de la température de l'air (M5) .....	216
Graphe -IX.9	Variation horaire de la température de l'air (M6) .....	216
Graphe -IX.10	Variation horaire de la température de l'air (M7) .....	217
Graphe -IX.11	Variation des températures moyennes intérieures dans les sept maisons .....	219
Graphe -IX.12	Comparaison entre les températures moyennes intérieures à 6h00 et 15h00 pour les sept maisons .....	220
Graphe -IX.13	Variation horaire de la température opérative dans les sept maisons .....	224
Graphe -IX.14	Variation horaire de la température moyenne intérieure selon la hauteur (RDC, R+1, R+2, R+3) .....	228
Graphe -IX.15	Comparaison entre les températures moyennes intérieures selon le SSI à 6h00 et 15h00 .....	229
Graphe -IX.16	Comparaison entre les températures moyennes intérieures pour différentes hauteurs testées .....	230
Graphe -IX.17	Le PMV à 6h00, 15h00 pour les différentes hauteurs testées (séjour) .....	230
Graphe -IX.18	Variation horaire de la température moyenne intérieure selon le taux d'ouverture du patio (M1) .....	232
Graphe -IX.19	Variation horaire de la température moyenne intérieure pour les angles : 0-90° .....	233
Graphe -IX.20	Variation horaire de la température moyenne intérieure pour les angles : 105-180° .....	234
Graphe -IX.21	Comparaison entre les températures intérieures à 6h00 et 15h00 (Angle : 0-180°) .....	235
Graphe -IX.22	Variation horaire de la température intérieure dans le séjour (Angle : 0-180°) .....	236
Graphe -IX.23	Comparaison entre les températures intérieures à 6h00 et 15h00 (pour le séjour orienté Sud) .....	237
Graphe -IX.24	Variation horaire de la température moyenne intérieure (M2) pour trois orientations (0-90-105°) .....	238
Graphe -IX.25	Variation horaire de la température intérieure dans le SDB (coté Est) .....	239
Graphe -IX.26	Variation horaire de la température intérieure dans la cuisine (coté Sud) .....	240
Graphe -IX.27	Variation horaire de la température intérieure dans la chambre 1 (coté Ouest) ...	240
Graphe -IX.28	Variation horaire de la température intérieure dans le séjour (coté Nord) .....	241
Graphe -IX.29	Variation horaire de la température surfacique de la paroi Est (SDB) .....	242
Graphe -IX.30	Variation horaire de la température surfacique de la paroi sud (cuisine) .....	243
Graphe -IX.31	Variation horaire de la température surfacique de la paroi ouest (chambre 1) ...	243
Graphe -IX.32	Variation horaire de la température surfacique de la paroi Nord (séjour) .....	244
Graphe -IX.33	Variation horaire de la température moyenne intérieure selon le nombre de mitoyen .....	245
Graphe -IX.34	Variation horaire de la température moyenne intérieure selon la surface de couverture du patio .....	246
Graphe -IX.35	Variation horaire de la température moyenne intérieure selon le rapport surface vitrage/surface du plein .....	248
Graphe -IX.36	Variation horaire de la température moyenne intérieure avec et sans apports internes .....	249

**Liste des tableaux :****CHAPITRE I**

Tableau-I.1	Différentes Catégories de climat et leurs caractéristiques spacio – temporelles..	13
Tableau-I.2	Les zones climatiques en Algérie et leurs caractéristiques .....	18
Tableau –I.3	Taux d'émission anthropique et bilan radiatif net .....	24
Tableau –I.4	L'albédo .....	27
Tableau –I.5	Îlots de chaleur mesurés dans quelques villes urbaine .....	31

**CHAPITRE II**

Tableau-II.1	Isolement thermique dû aux vêtements .....	42
Tableau-II.2	Production de chaleur en fonction de l'activité .....	43
Tableau-II.3	Les seuils de bien-être thermique .....	43
Tableau-II.4	Echelles de sensation thermique .....	56
Tableau-II.5	Les échelles de jugements subjectifs sur les conditions thermiques .....	56

**CHAPITRE III**

Tableau-III.1	RSV et RSSP pour quelques formes .....	71
---------------	--	----

**CHAPITRE V**

Tableau-V.1	les villes choisies pour la simulation (Kuala Lumpur, Caire, Rome, Stockholm) .....	115
Tableau-V.2	Le taux maximal de la surface ombragée .....	119
Tableau-V.3	Le taux maximal et le minimal de la surface exposée au soleil .....	119
Tableau-V.4	le pourcentage de la surface ombragée et ensoleillée dans les différentes villes .....	121
Tableau-V.5	Les ratios optimaux pour les deux périodes .....	122

**CHAPITRE VI**

Tableau-VI.1	les caractéristiques des types d'habitat à Jijel .....	145
--------------	--	-----

**CHAPITRE VII**

Tableau-VII.1	La vitesse moyenne des vents dominants (m/s) période : 1985-2004 .....	156
Tableau-VII.2	Les caractéristiques du patio N°1 .....	165
Tableau-VII.3	Les caractéristiques du patio N°2 .....	167
Tableau-VII.4	Les caractéristiques du patio N°3 .....	169
Tableau-VII.5	Les caractéristiques du patio N°4 .....	172
Tableau-VII.6	Les caractéristiques du patio N°5 .....	174
Tableau-VII.7	Les caractéristiques du patio N°6 .....	176
Tableau-VII.8	Les caractéristiques du patio N°7 .....	179
Tableau-VII.9	Les cas étudiés .....	180
Tableau-VII.10	Les écarts (température et d'humidité) entre les appareillages utilisés et les instruments de la station météo .....	183

**CHAPITRE IX**

Tableau-IX.1	Les données climatiques horaires (Jijel) .....	208
Tableau-IX.2	caractéristiques thermiques des matériaux de construction .....	209
Tableau-IX.3	La fréquentation des espaces (M2) .....	211
Tableau-IX.4	Puissances dégagées par les appareils électroménagers(M2) .....	211
Tableau-IX.5	Le PMV à M1, M2, M3 .....	225
Tableau-IX.6	Le PMV à M4 .....	225
Tableau-IX.7	Le PMV à M5, M6, M7 .....	225
Tableau-IX.8	Le PPD à M1, M2, M3 .....	226

Tableau-IX.9	Le PPD à M4 .....	226
Tableau-IX.10	Le PPD à M5, M6, M7 .....	227
Tableau-IX.11	La température minimale et maximale pour les espaces orientés (Est, Sud, Ouest et Nord), M1 .....	241
Tableau-IX.12	La fréquentation des espaces (M1) .....	248
Tableau-IX.13	Puissances dégagées par les appareils électroménagers(M1) .....	248

### **Liste des photos :**

#### **CHAPITRE II**

Photo -II.1	Différents types d'ambiances sous différentes conditions temporelles .....	37
-------------	--	----

#### **CHAPITRE IV**

Photo -IV.1	Photo arienne sur la médina de Tunis .....	91
Photo -IV.2	Vue sur le patio d'une maison de la médina de Sfax .....	92
Photo -IV.3	Vue générale sur la ville de Ghardaïa .....	92
Photo -IV.4	Wast ed-dar d'une maison mozabite .....	93
Photo -IV.5	Terrasse, chebeq d'une maison mozabite .....	93
Photo -IV.6	Immeuble Casa Mila (Antoni Gaudi, 1906-1910) .....	95
Photo -IV.7	Cour des Myrtes, Alhambra de Grenade (Espagne) : Eau et végétation .....	105

#### **CHAPITRE VI**

Photo -VI.1	Maison coloniale individuelle avec jardin .....	147
Photo -VI.2	Vues sur une maison coloniale individuelle avec patio et cour .....	147
Photo -VI.3	Des vues sur des maisons individuelles type arabe .....	148
Photo -VI.4	Habitat récent .....	148
Photo -VI.5	Habitat semi - collectif colonial .....	148
Photo -VI.6	Immeuble de rapport sur la rue 1er Novembre .....	149
Photo -VI.7	Habitat type Harat .....	149
Photo -VI.8	Bâtiment type H.L.M .....	150
Photo -VI.9	Bâtiment type collectif récent .....	150

#### **CHAPITRE VII**

Photo -VII.1	Vues sur le patio (M1) .....	165
Photo -VII.2	Vues sur le patio (M2) .....	167
Photo -VII.3	Vues sur le patio (M3) .....	169
Photo -VII.4	Vues sur le patio (M4) .....	172
Photo -VII.5	Vues sur le patio (M5) .....	174
Photo -VII.6	Vues sur le patio (M6) .....	176
Photo -VII.7	Vues sur le patio (M7) .....	179
Photo -VII.8	Hygromètre HD 8501 .....	181
Photo -VII.9	L'Environment Meter DVM401 .....	181
Photo -VII.10	La centrale météo OTIO et THERMOTECH .....	182
Photo -VII.11	Abri de la station météorologique de Jijel .....	182
Photo -VII.12	Étalonnage de l'instrument de mesures utilisé .....	183