

## *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

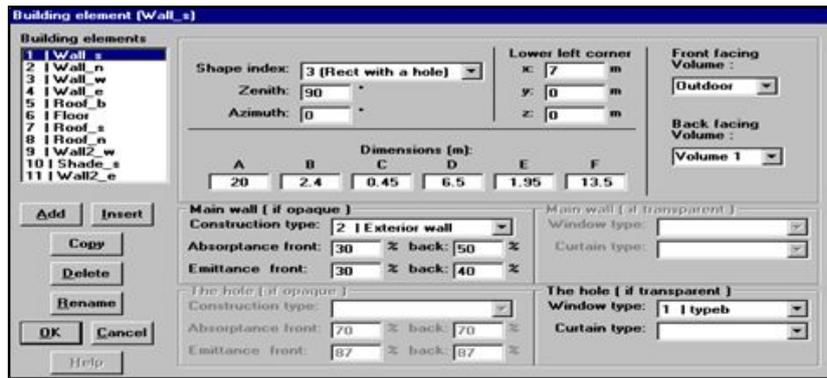


Figure-IX.2 : Fenêtre de la composition géométrique

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.

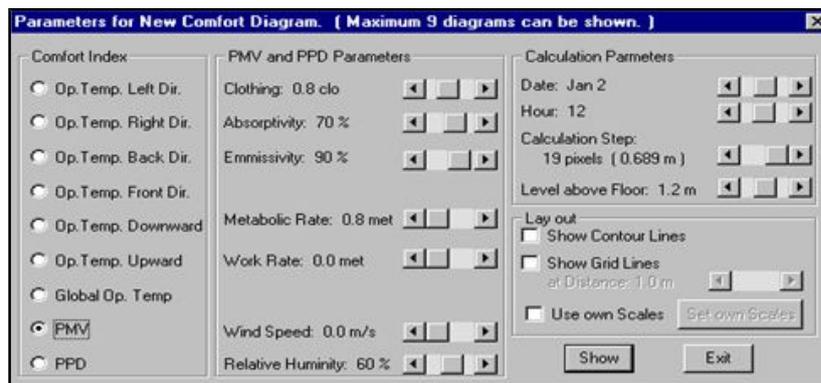


Figure-IX.3 : Fenêtre d’affichage de la température opérative, PMV, PPD

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<br>Kg/m <sup>3</sup> | Conductivité<br>W/m. °C | Chaleur spécifique<br>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

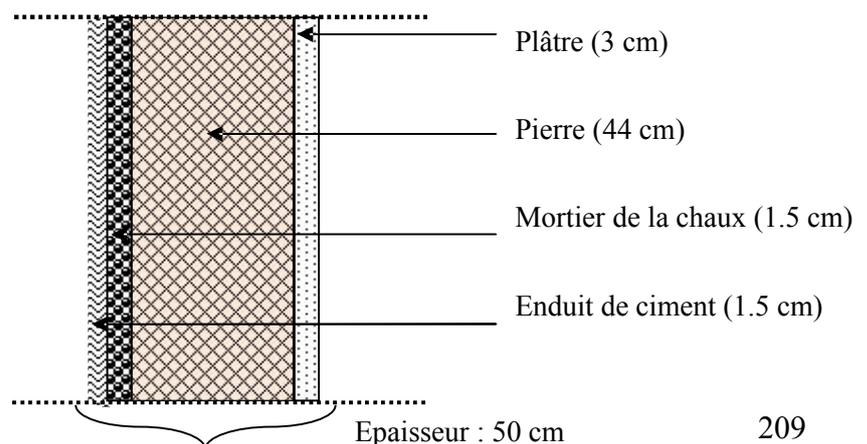
Source : Auteur d'après le DTR

### ▣ 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 :



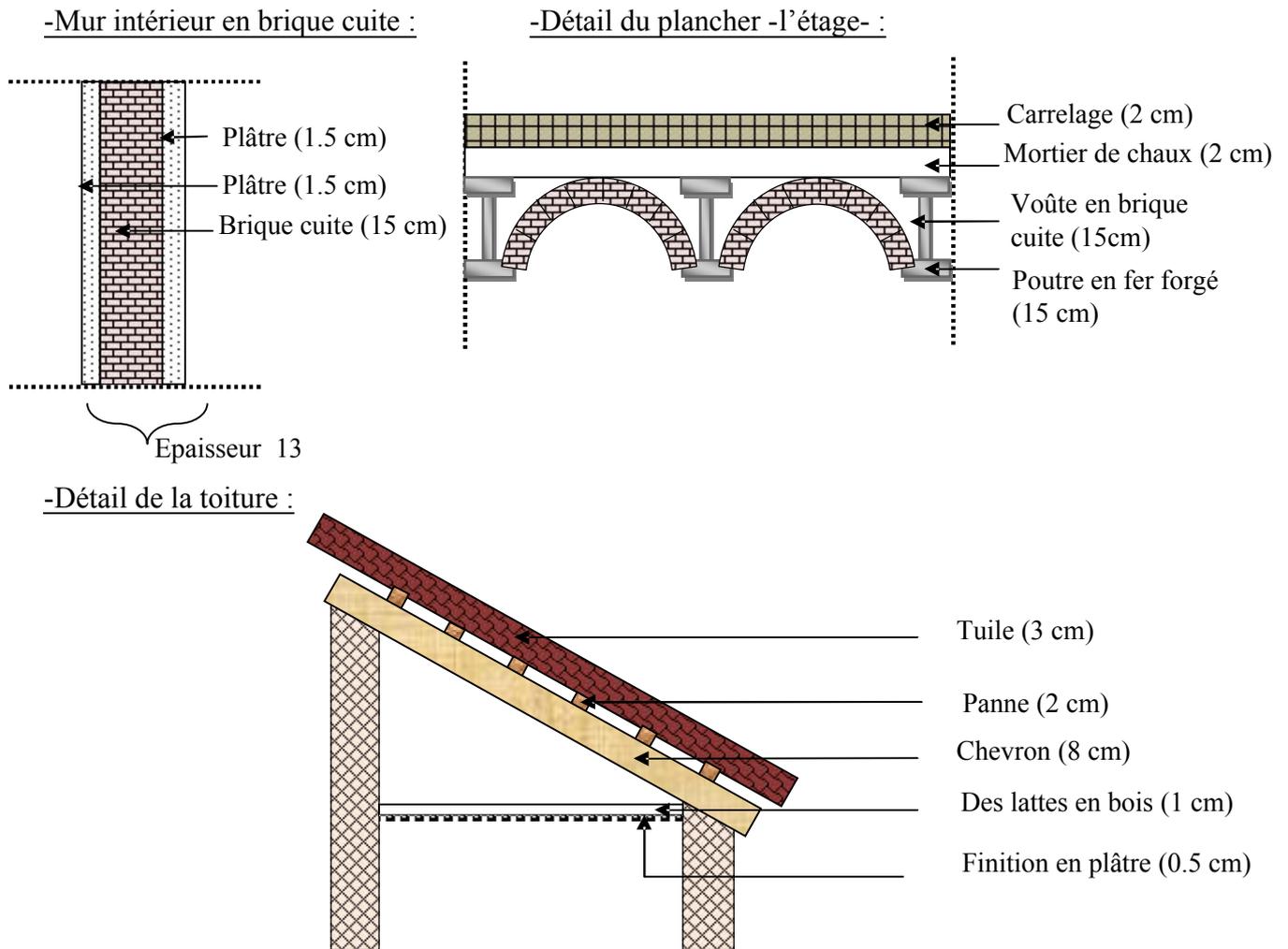


Figure-IX.4: Détails de la structure de la maison M2

### 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.

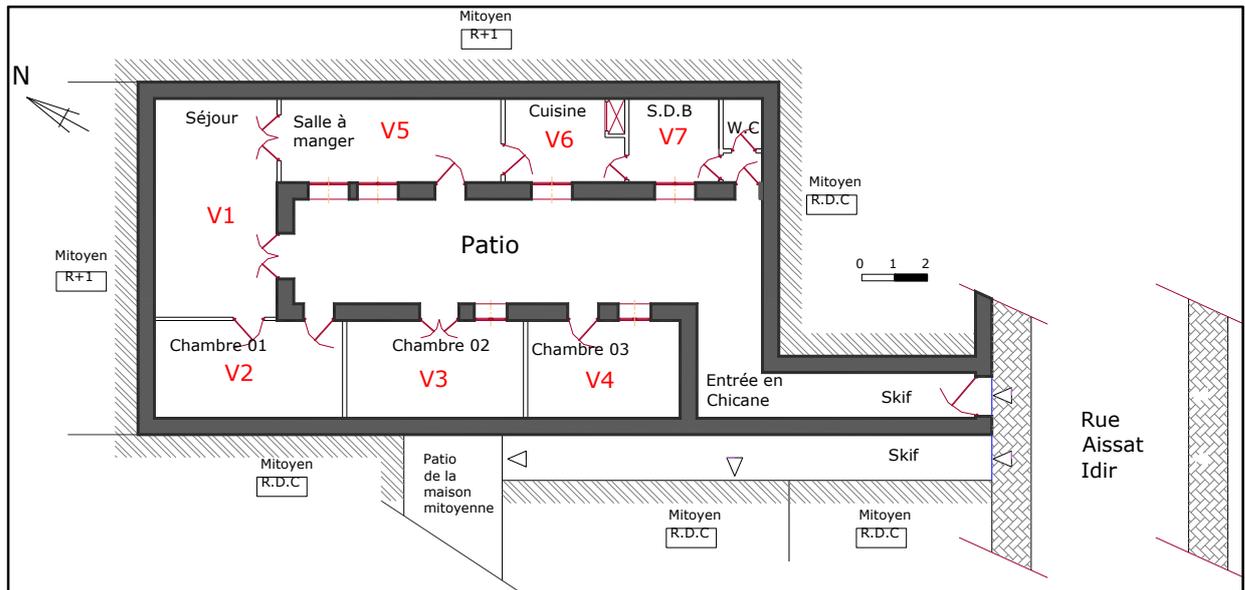


Figure-IX.5 : Les volumes de la maison (M 2)

| 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<br>4<br>2        | 10h00-12h00<br>13h00 -15h00<br>22h00-8h00 | 102           |
| Chambre 3      | V4     | 1<br>2             | 13h00 -16h00<br>23h00-7h00                | 102           |
| Salle à manger | V5     | 6                  | 12h00-13h00<br>21h00 -22h00               | 102           |
| Cuisine        | V6     | 1                  | 10h00-12h00<br>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<br>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 :

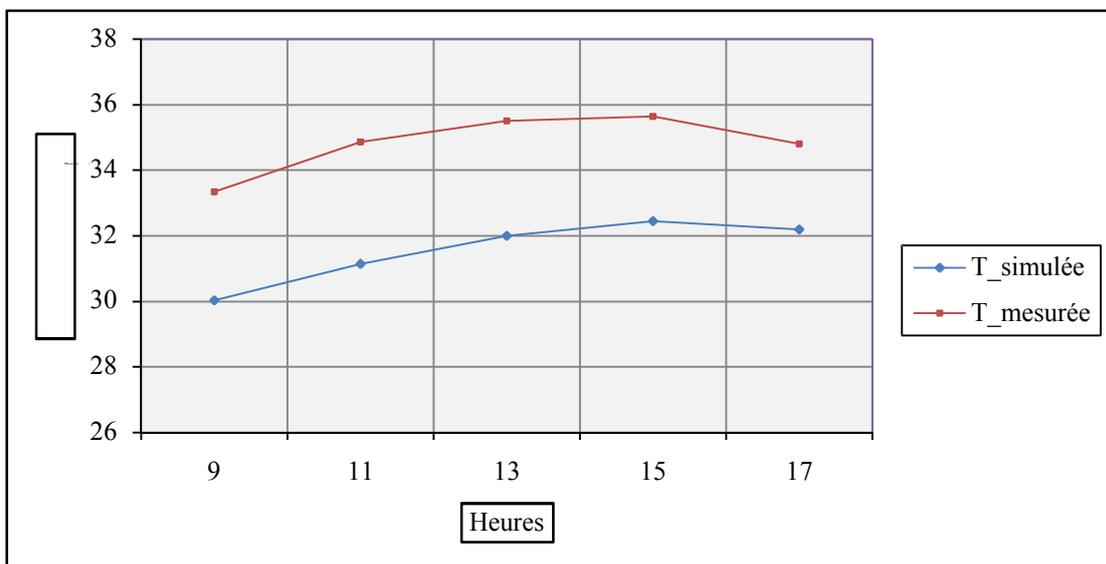
La résistance thermique des vêtements, elle est égale à 0,5 clo (tenue d'été légère),

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.

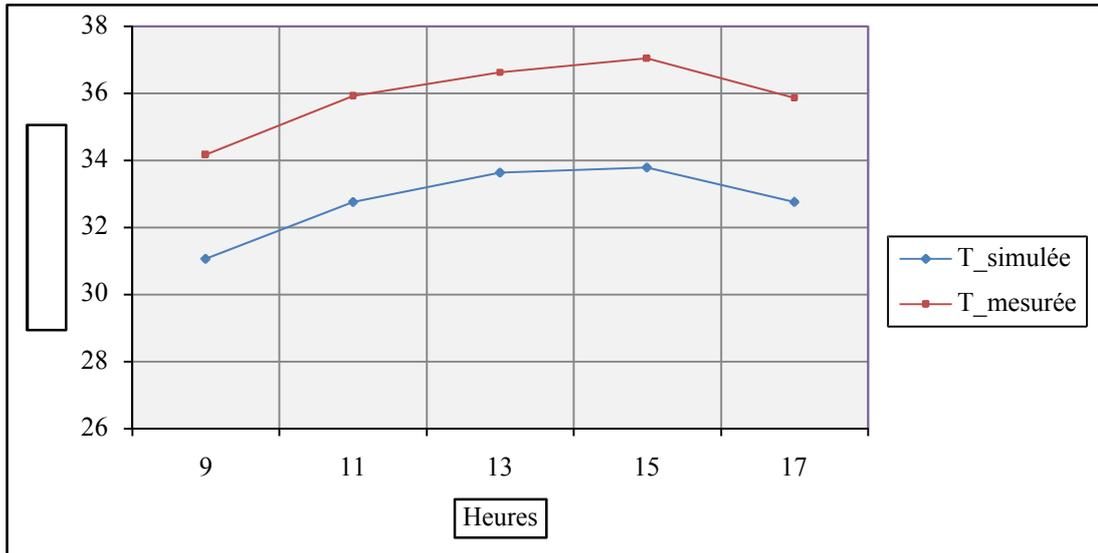
### IX.3.2-Les résultats de la simulation (the outputs) :

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.

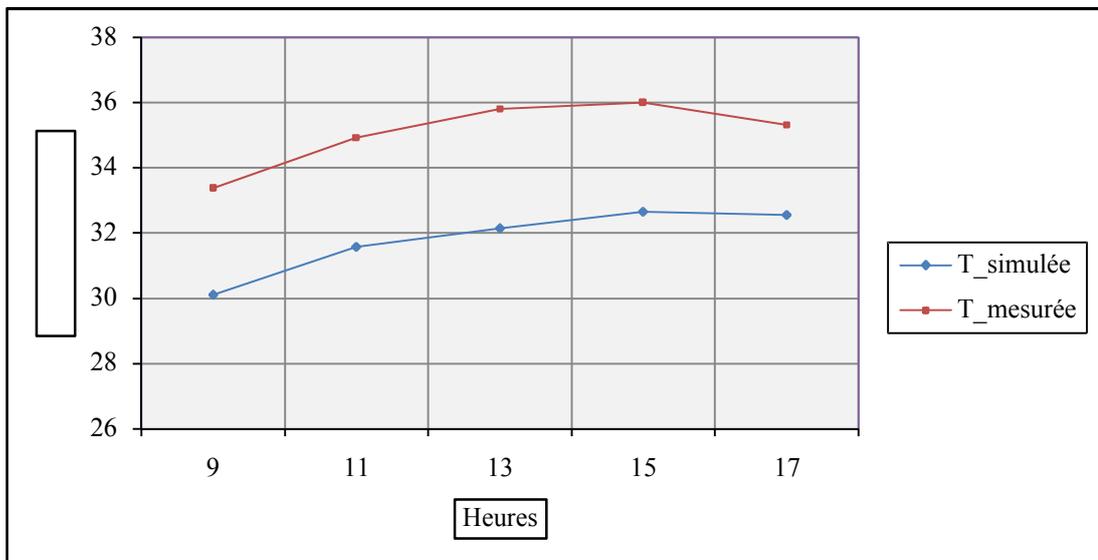
#### IX.3.2.1- Comparaison entre les températures mesurées et celles simulées :



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)**



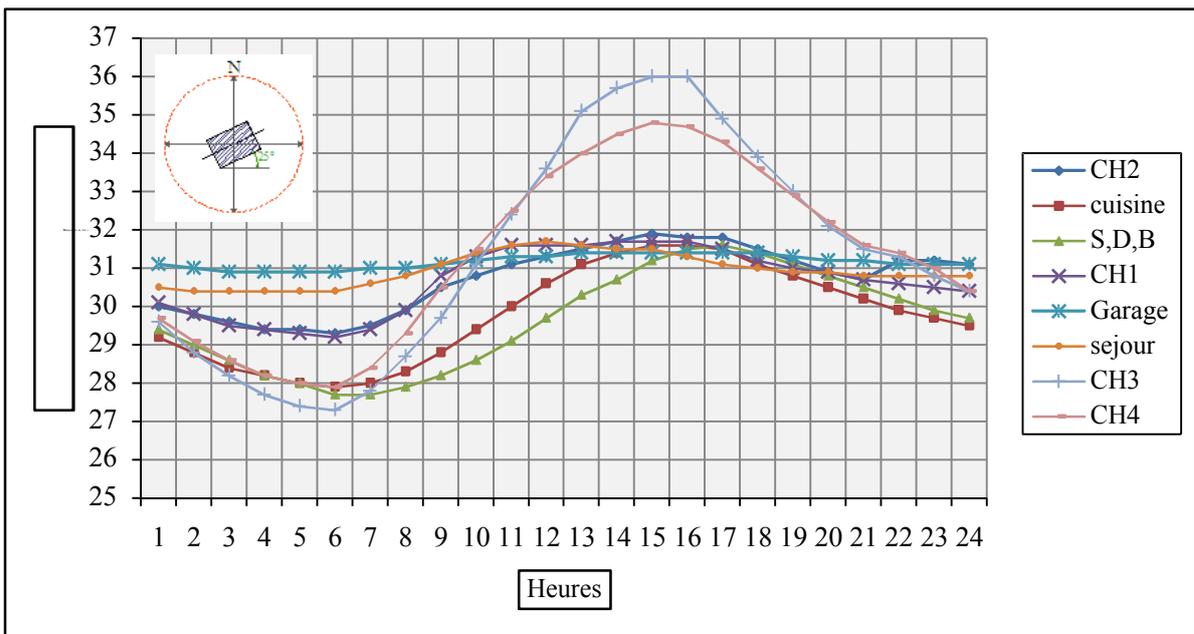
**Graphe-IX.3 : Comparaison entre les températures moyennes intérieures mesurées et celles simulées (maison : M3)**

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.

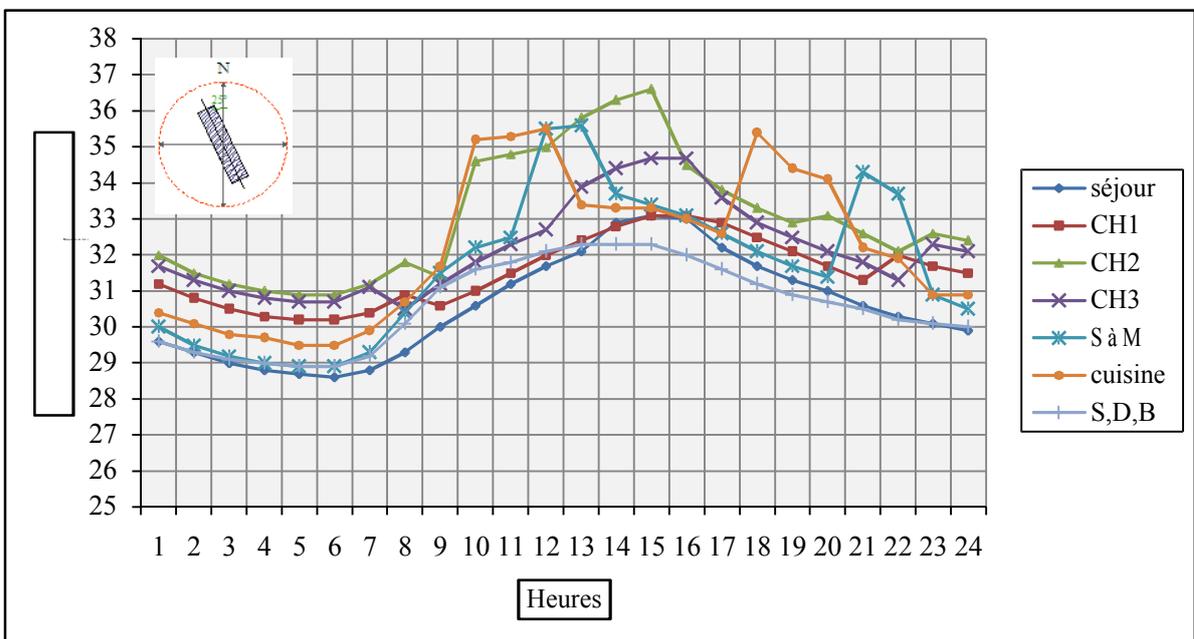
**IX.3.2.2-Présentation des températures moyennes intérieures pour chaque maison :**

Maison M1 :



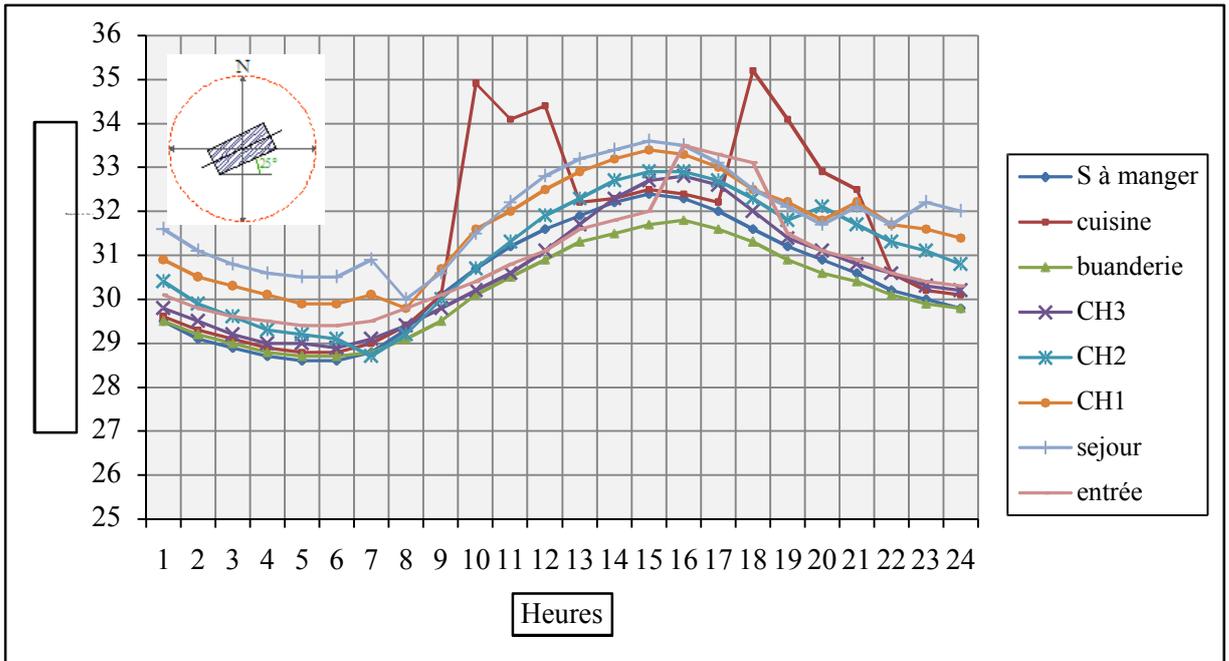
**Graphe-IX.4 : Variation horaire de la température de l'air (M1)**

Maison M2 :



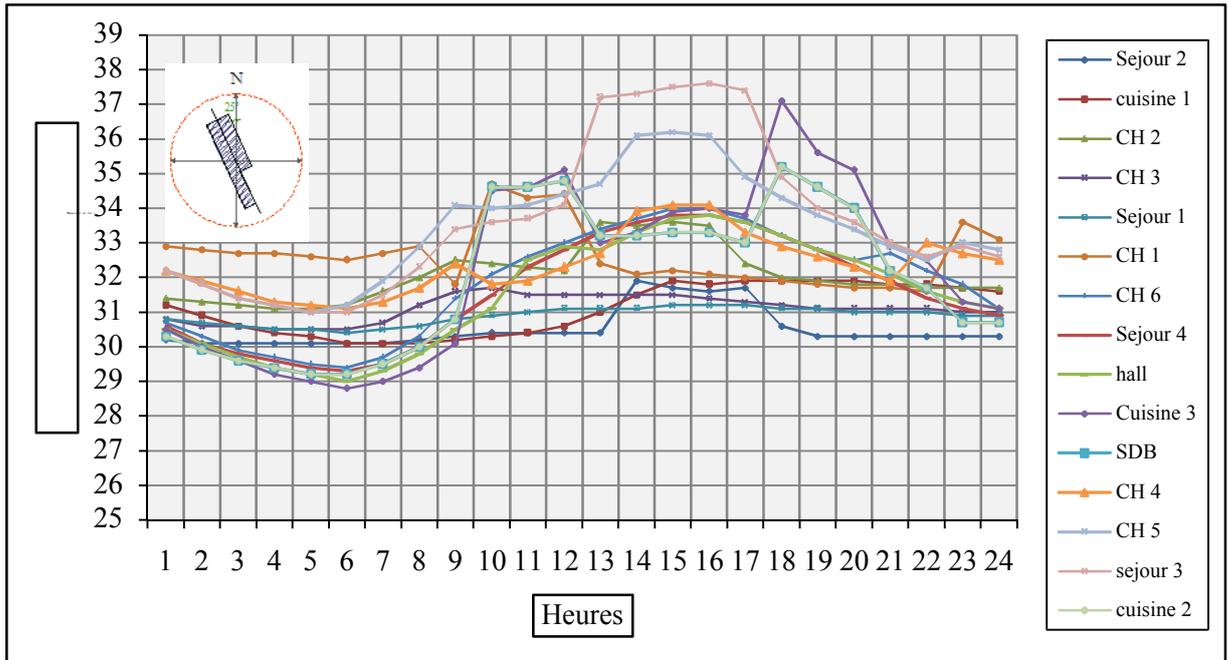
**Graphe-IX.5 : Variation horaire de la température de l'air (M2)**

Maison M3 :



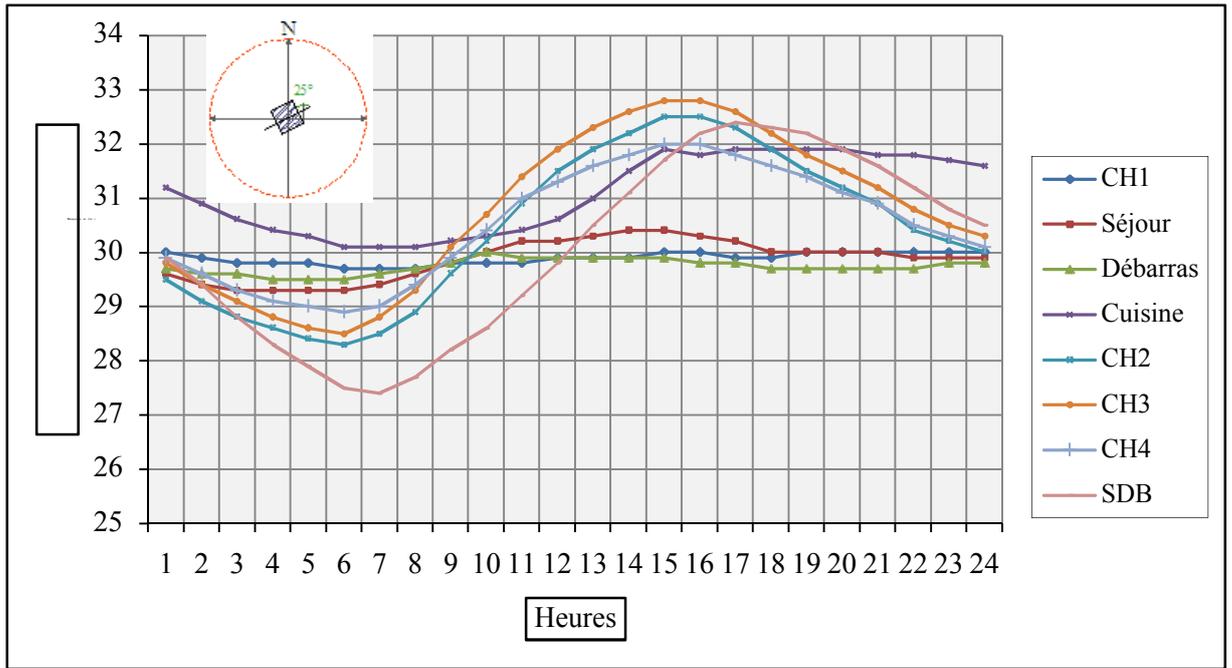
Graphe-IX.6 : Variation horaire de la température de l'air (M3)

Maison M4 :



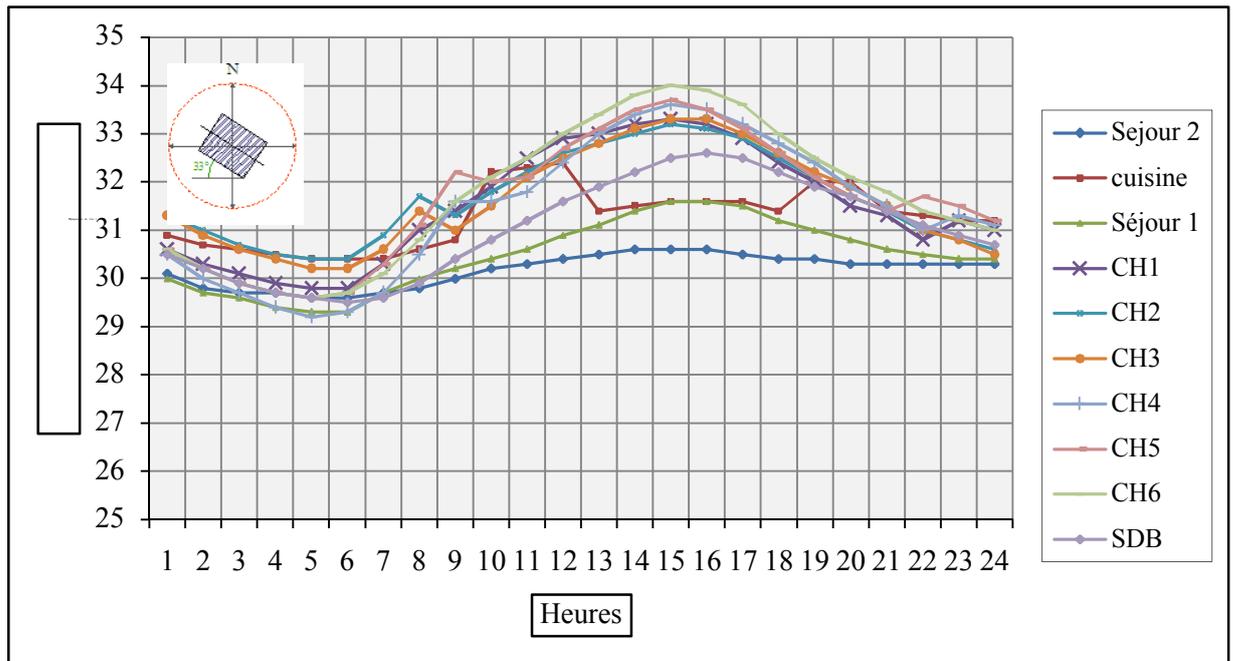
Graphe-IX.7 : Variation horaire de la température de l'air (M4)

Maison M5 :

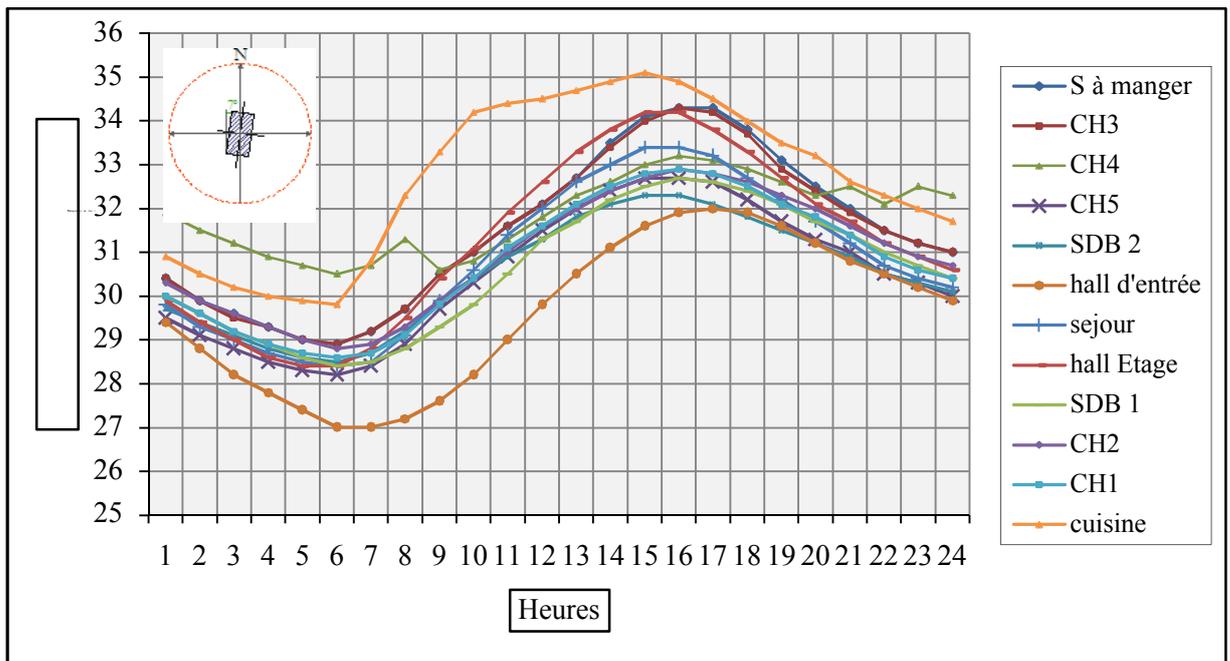


Graphe-IX.8 : Variation horaire de la température de l'air (M5)

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'augmente 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 significatif 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 connaissent des amplitudes thermiques faibles.

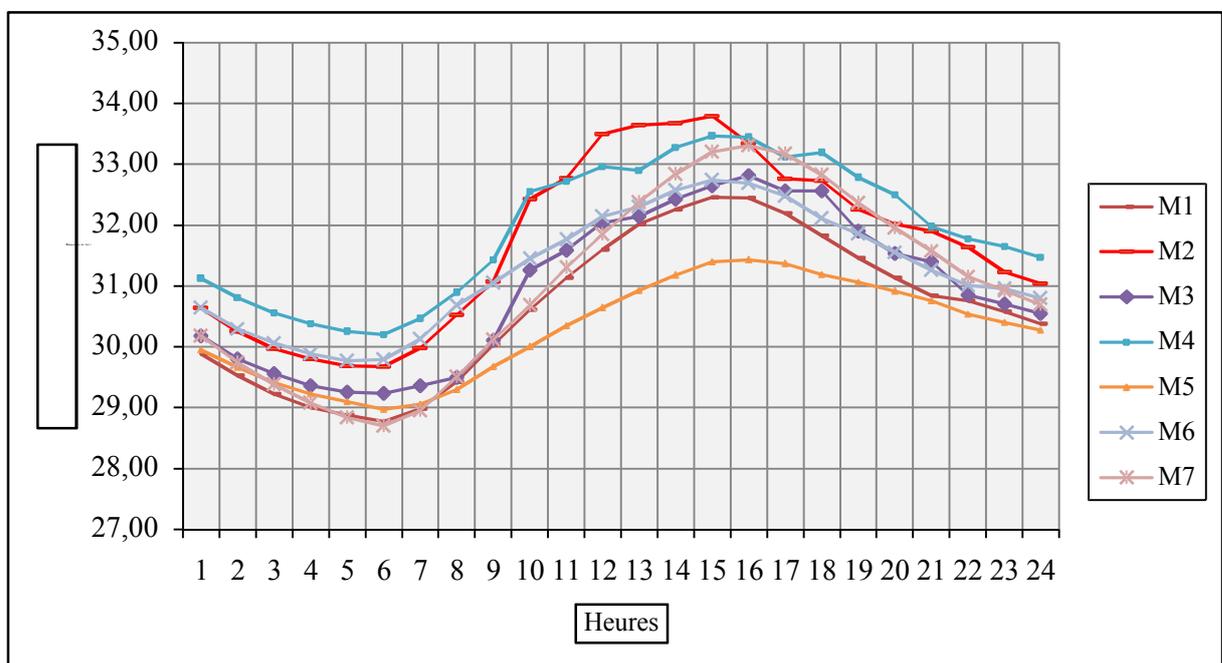
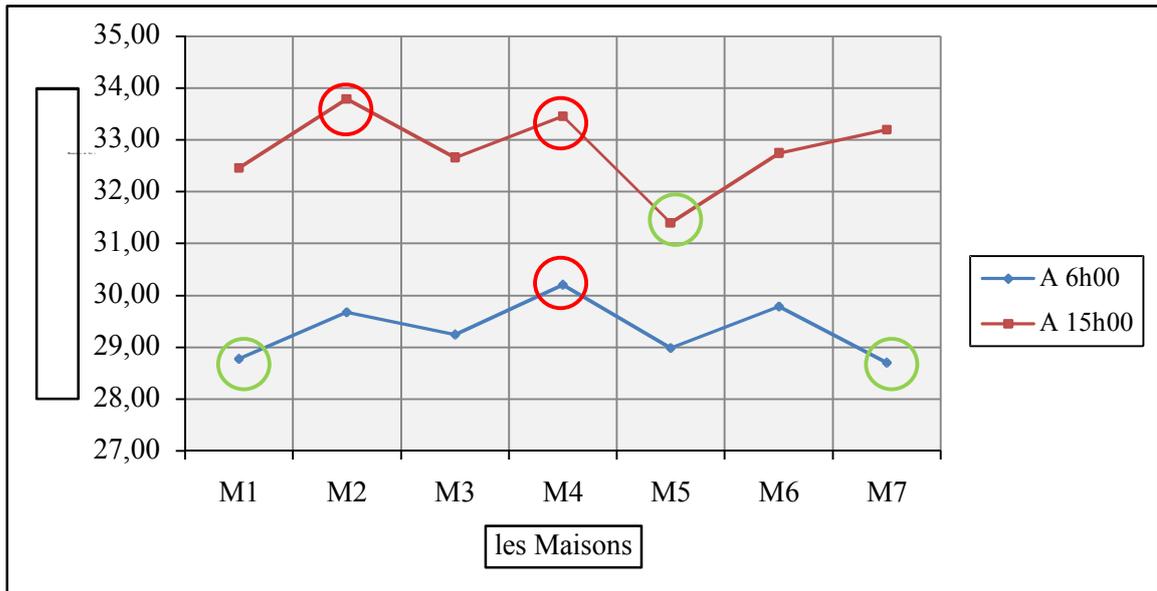


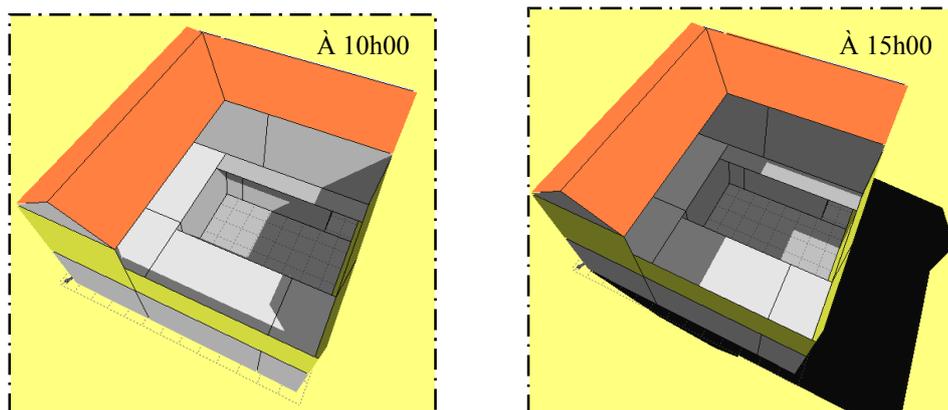
Figure-IX.11 : Variation des températures moyennes intérieures dans les sept maisons



**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 :

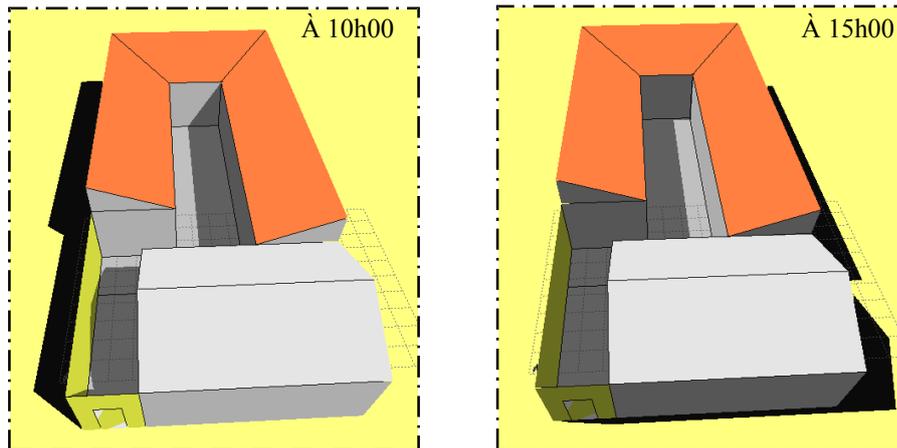


Figure-IX.7 : L'ombre portée à 10h00 et 15h00 (M 2)

Maison M3 :

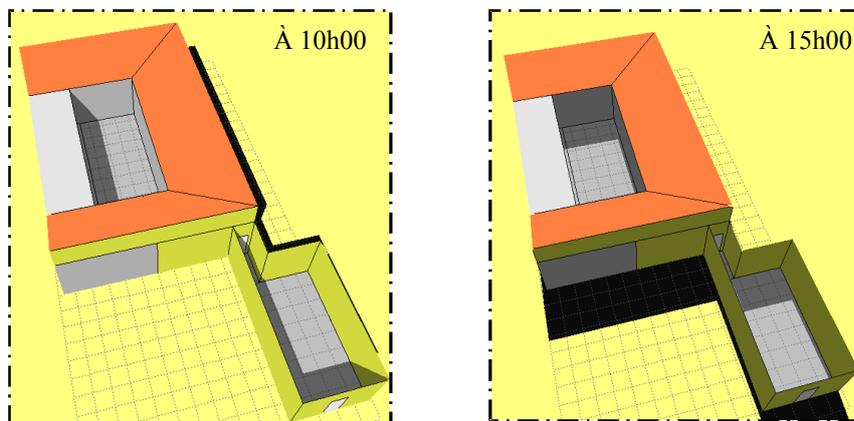


Figure-IX.8 : L'ombre portée à 10h00 et 15h00 (M 3)

Maison M4 :

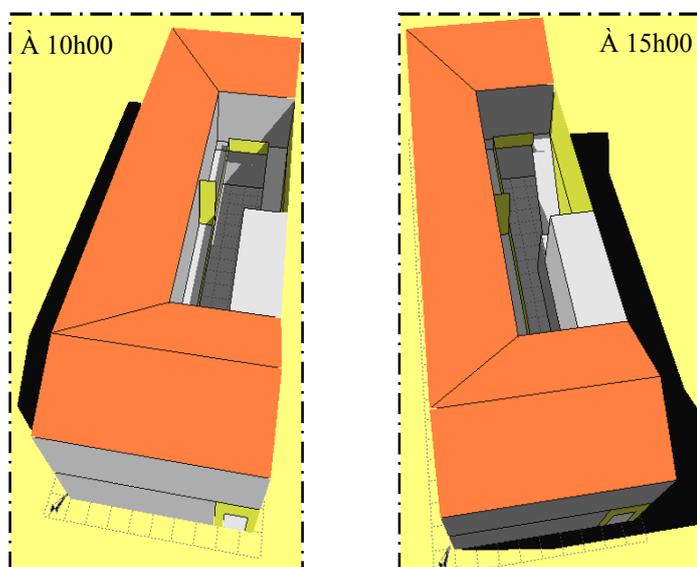


Figure-IX.9 : L'ombre portée à 10 h00 et 15h00 (M 4)

Maison M5 :

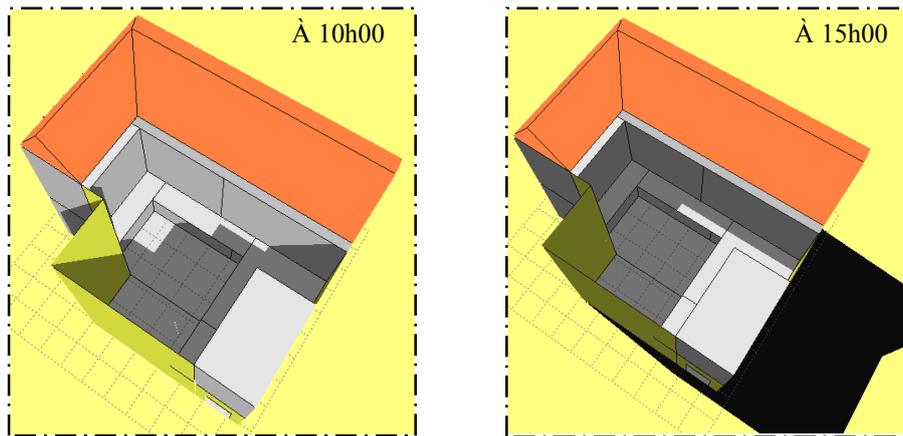


Figure-IX.10 : L'ombre portée à 10 h00 et 15h00 (M 5)

Maison M6 :

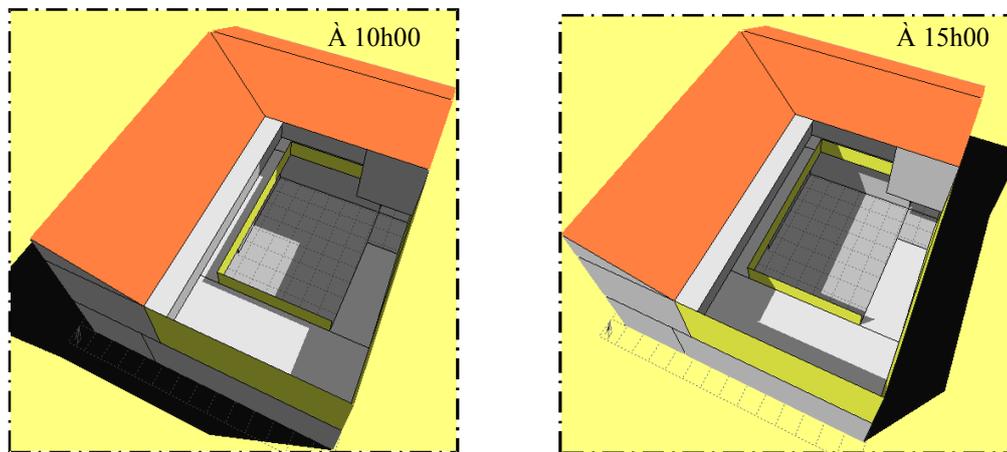


Figure-IX.11 : L'ombre portée à 10h 00 et 15h00 (M 6)

Maison M 7 :

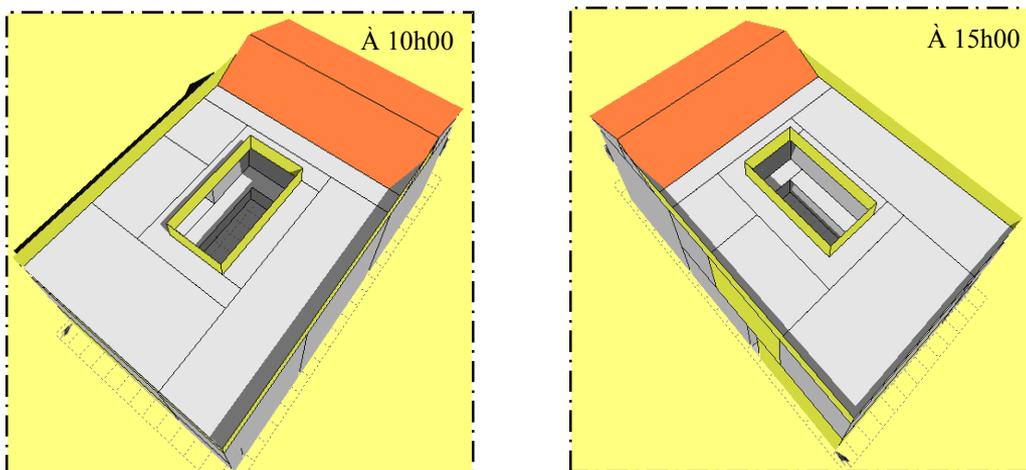


Figure-IX.12 : L'ombre portée à 10h 00 et 15h00 (M 7)

**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.

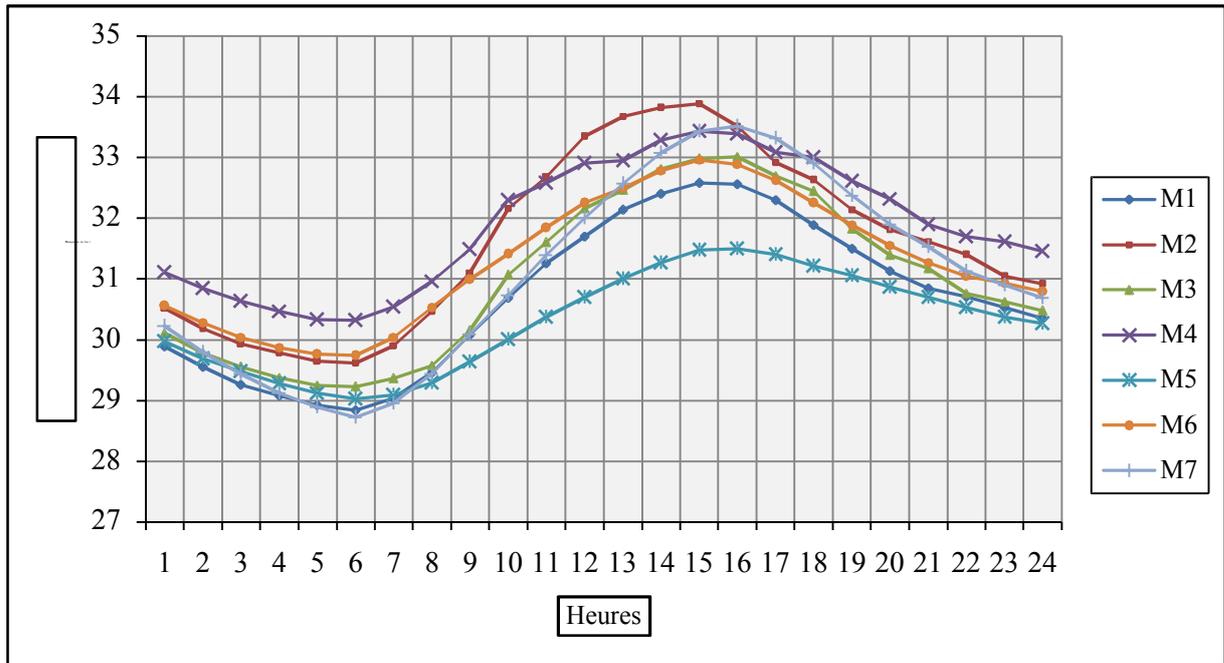
☛ **Pendant la période nocturne** : pendant cette période, les températures opératives les plus élevées sont signalées dans M4, cela est dû d'une part par les fortes quantités d'énergie absorbées durant la journée et d'autre part par la réémission difficile des radiations de grandes longueur d'onde pendant 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).

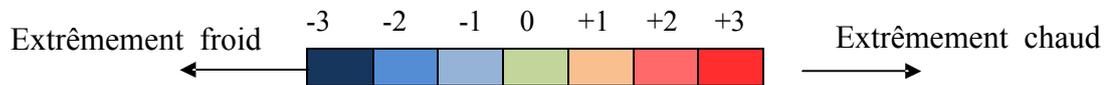


Graphe-IX.13 : Variation horaire de la température opérative dans les sept maisons

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

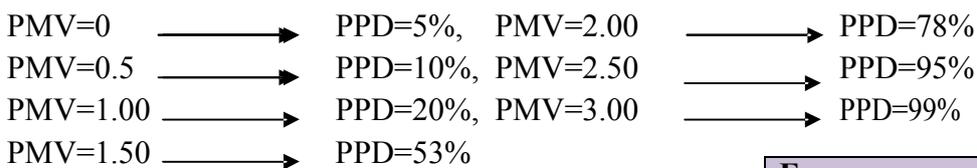
**PPD :**

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.

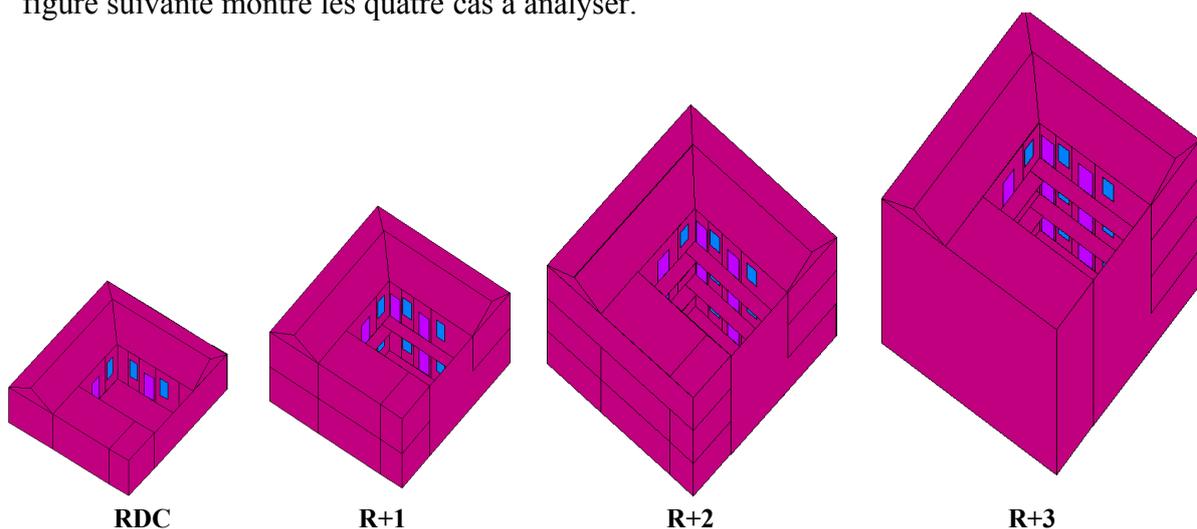
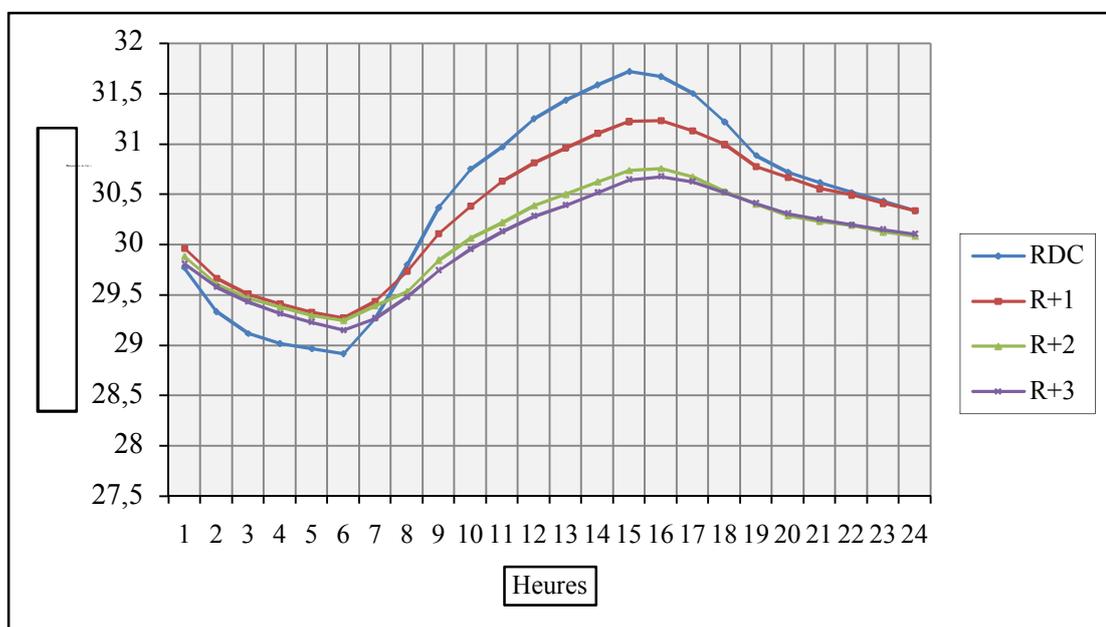


Figure-IX.13 : 3D sur les cas simulés (hauteur)

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.

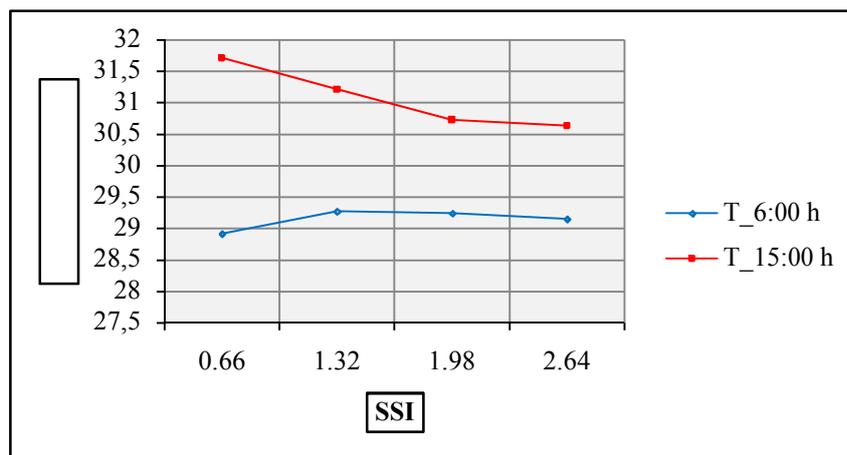


**Graphe-IX.14 : Variation horaire de la température moyenne intérieure selon la hauteur (RDC, R+1, R+2, R+3)**

### **➤ 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.

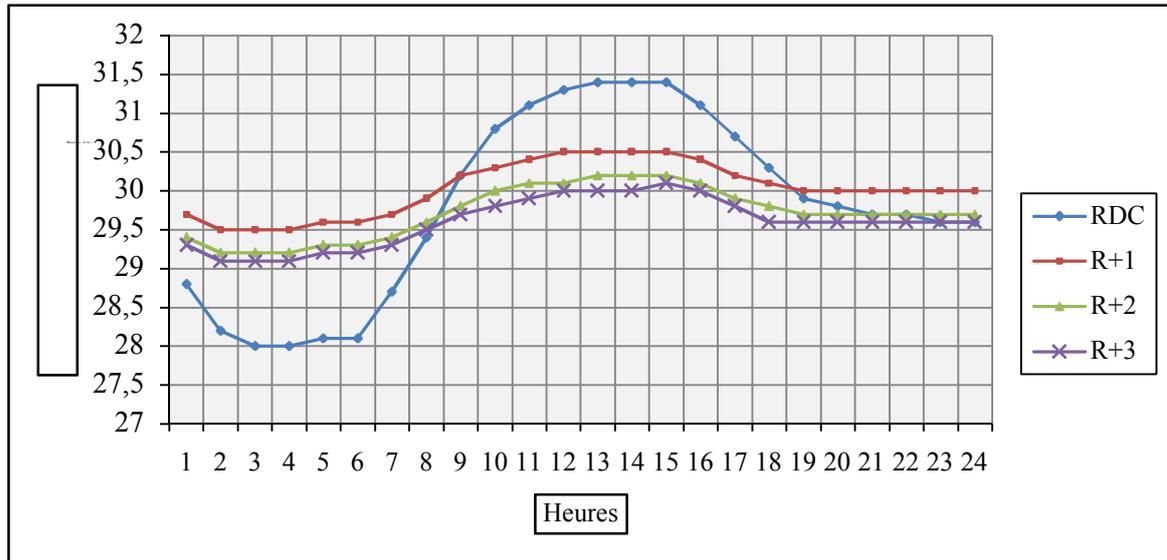
A 6h00, l'analyse montre un écart peu considérable entre les températures des différents ratios. La valeur minimale est observée au niveau de la maison avec un ratio de (0.66), alors que les autres ratios prennent des mêmes valeurs.



**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.

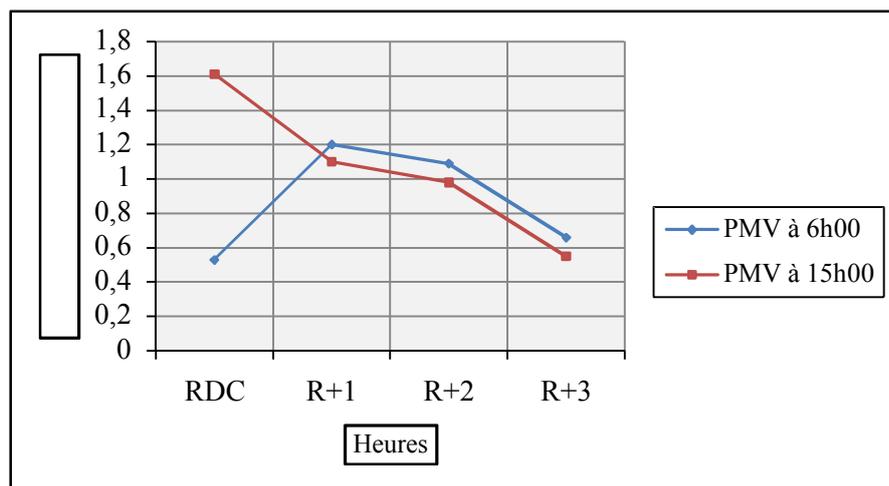


Graph-IX. 16: Comparaison entre les températures moyennes intérieures pour différentes hauteurs testées

**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.

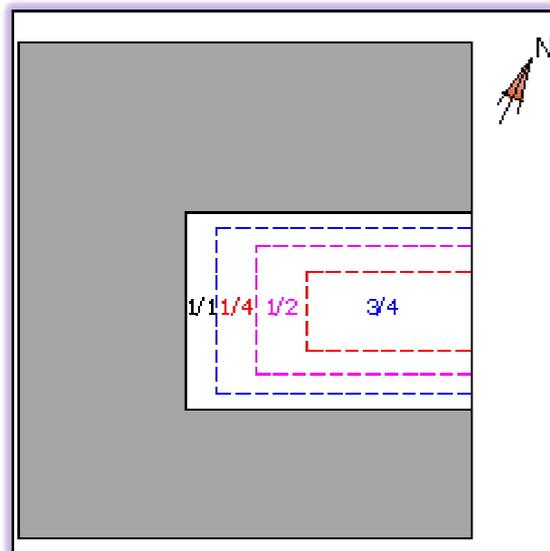


Figure-IX.14 : les cas testés (ouverture au ciel)

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 et aussi petite (elle représente le 1/4). Pour les autres cas plus on réduit l'ouverture au ciel, plus on remarque une diminution de  $T_{mi}$ .

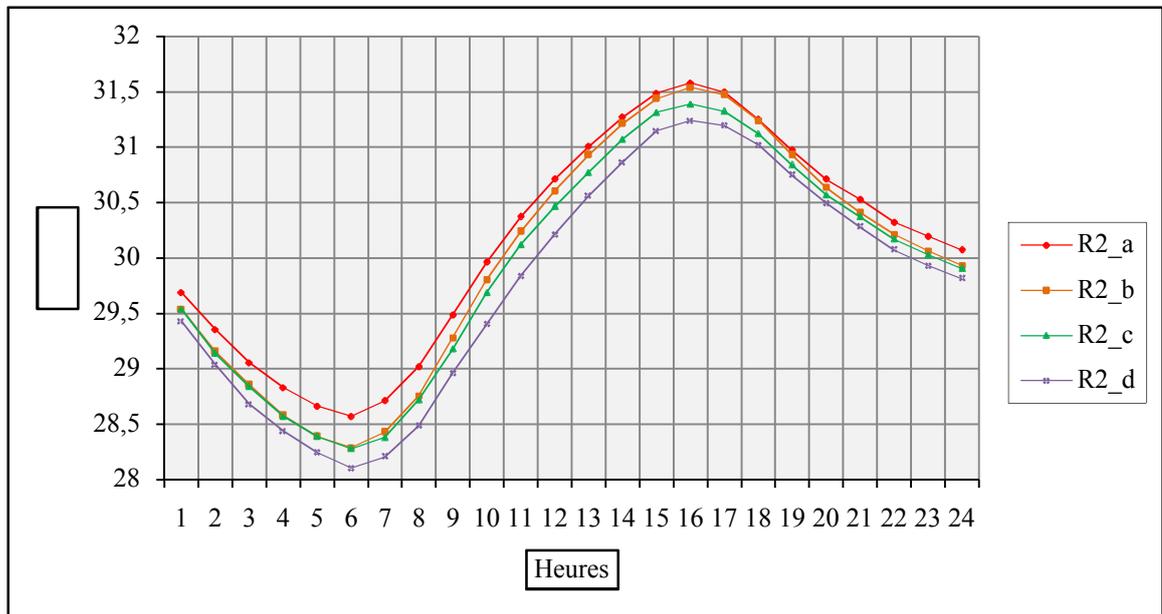
✎ Durant la nuit, on trouve aussi le rapprochement de deux courbes qui sont relatives aux ratios ( $R_{2\_b}=4.19$ ) et ( $R_{2\_c}=2.73$ ), cela signifie que les formes géométriques comportent de la même manière (la même capacité de décharger la chaleur diurne).

✎ 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.



Graphique-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).

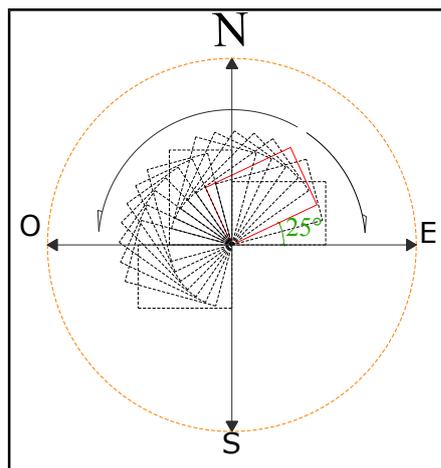
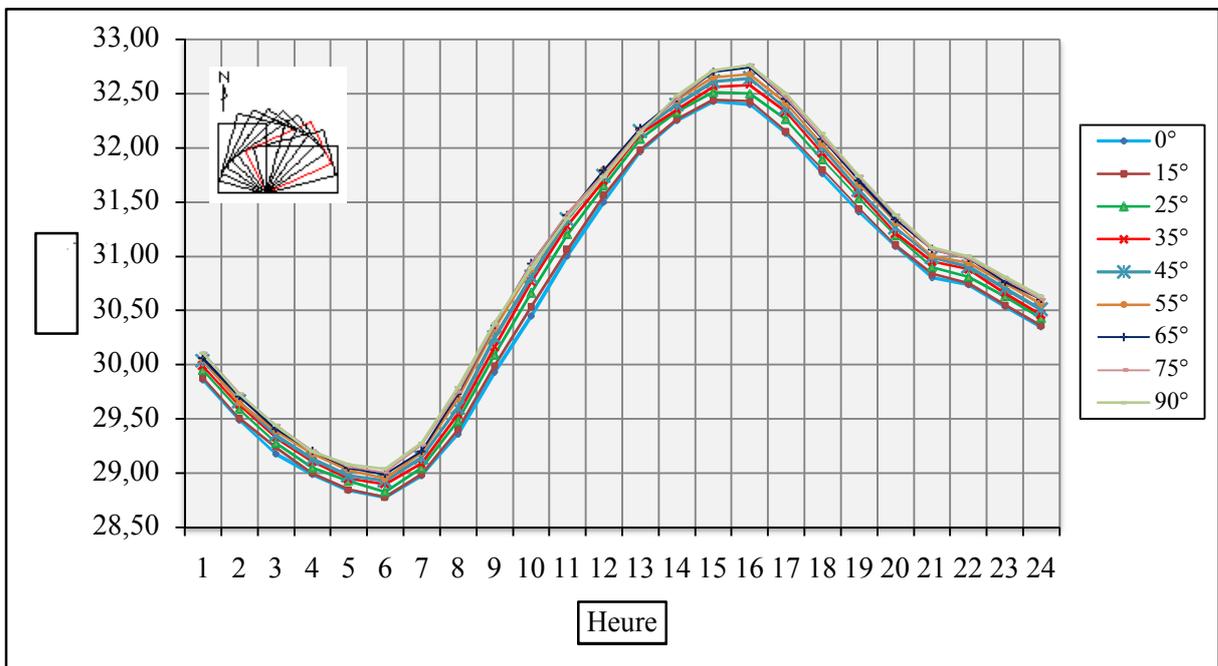


Figure-IX.15 : Les orientations testées (M1)

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.

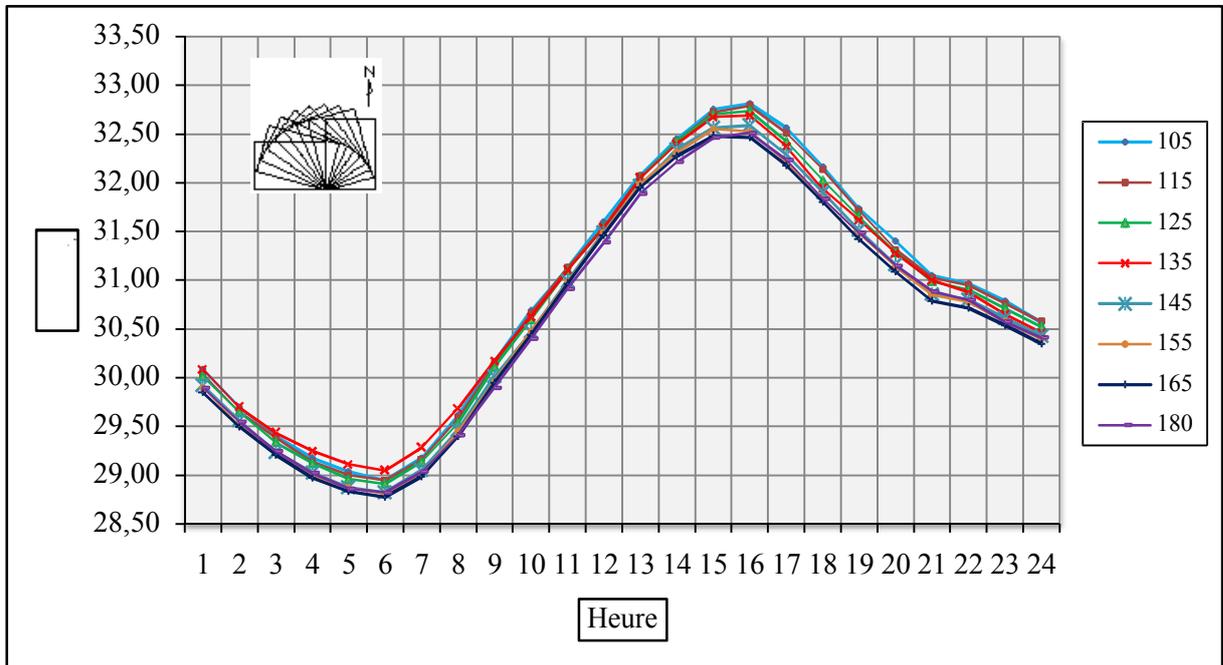


**Graphique-IX.19: Variation horaire de la température moyenne intérieure pour les angles : 0-90°**

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.



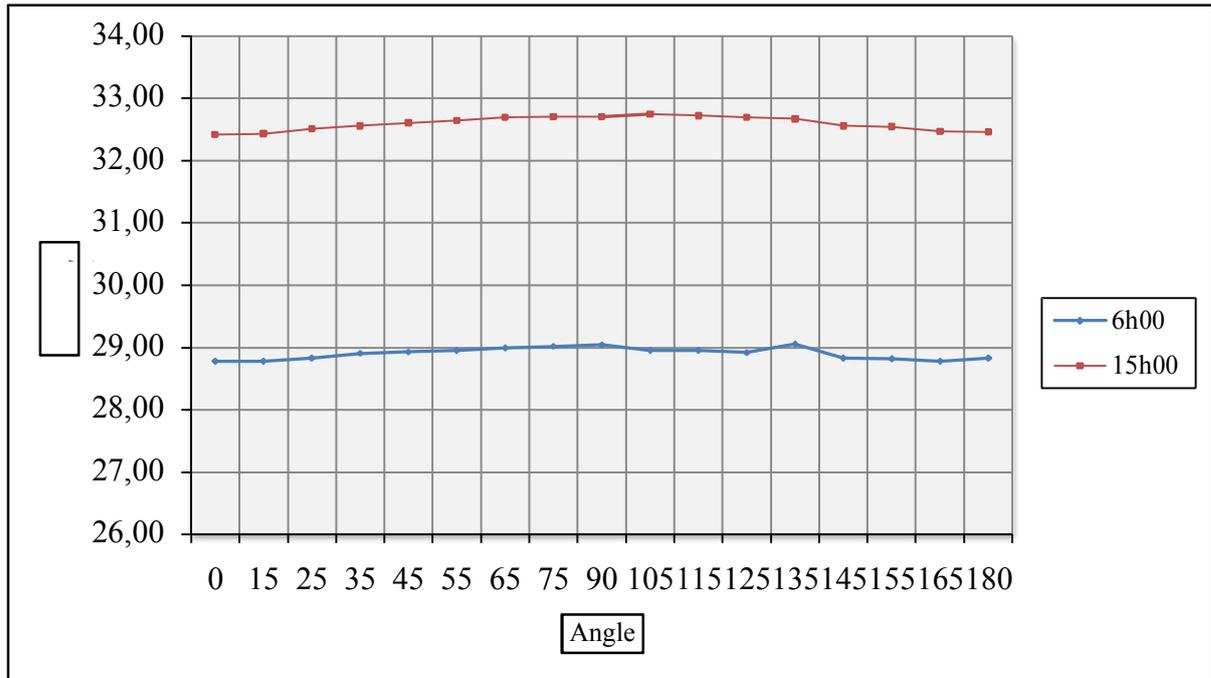
Graphique-IX.20: Variation horaire de la température moyenne intérieure pour les angles : 105-180°

#### ↳ 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)



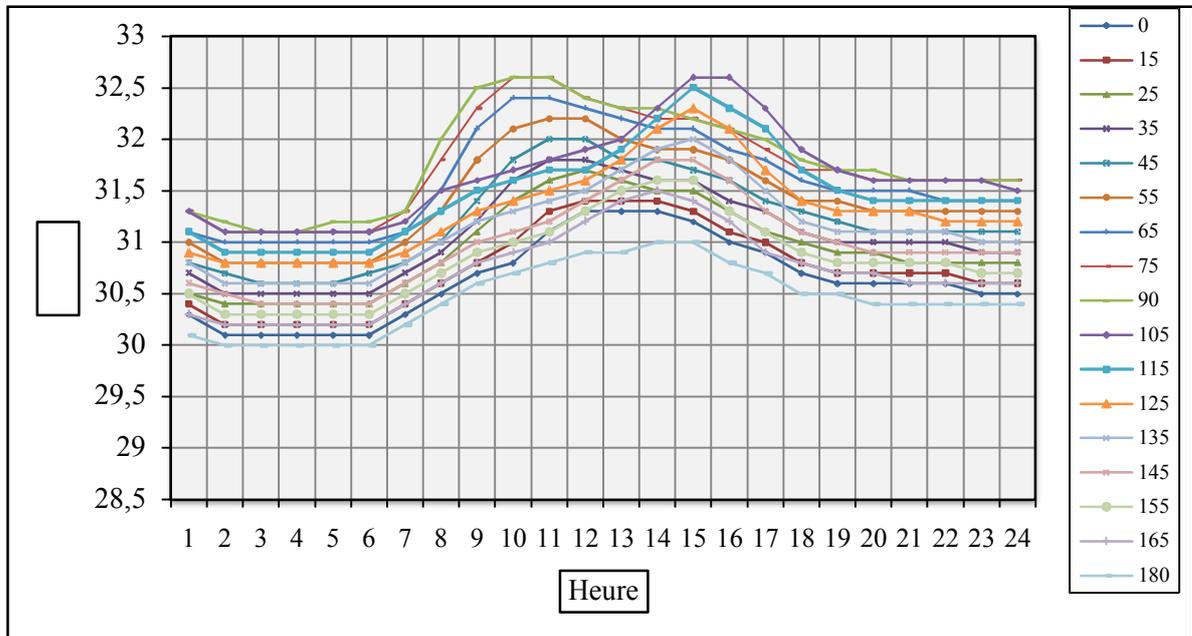
**Graph-IX. 21: Comparaison entre les températures intérieures à 6h00 et 15h00  
(Angle : 0-180°)**

### **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°)

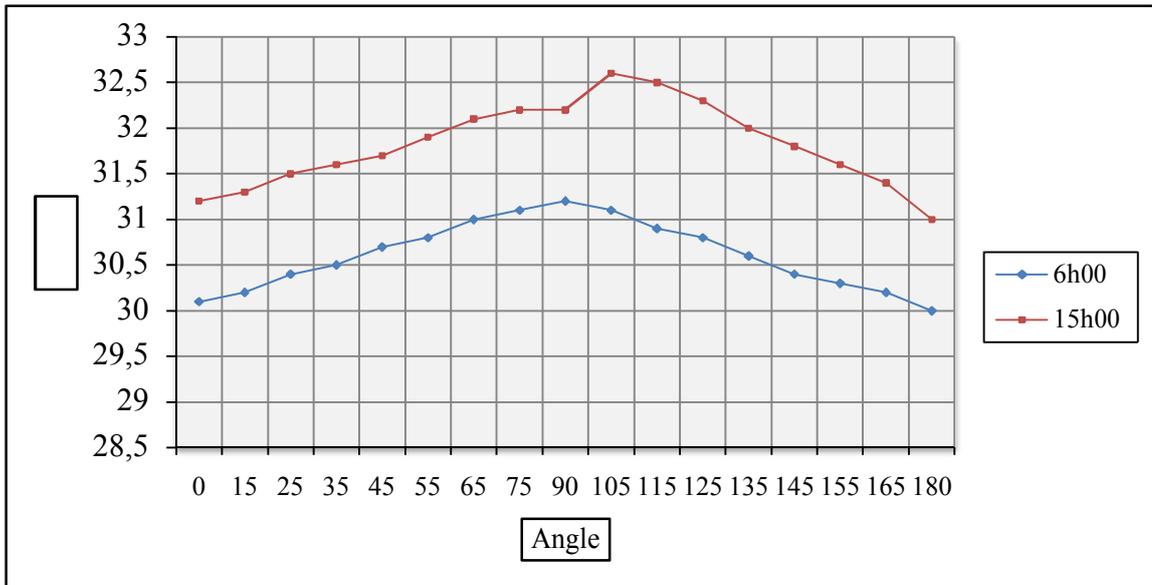
#### ➤ Les températures moyennes intérieures à 6h00 et 15h00 :

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.



**Graph-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 graphe (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 graphe et le graphe (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 ( $0.1^{\circ}\text{C}$ ).

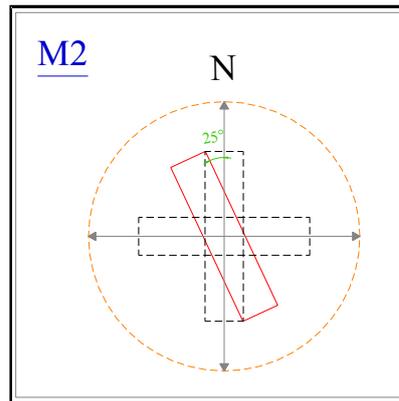


Figure-IX.16 : Les orientations testées (M2)

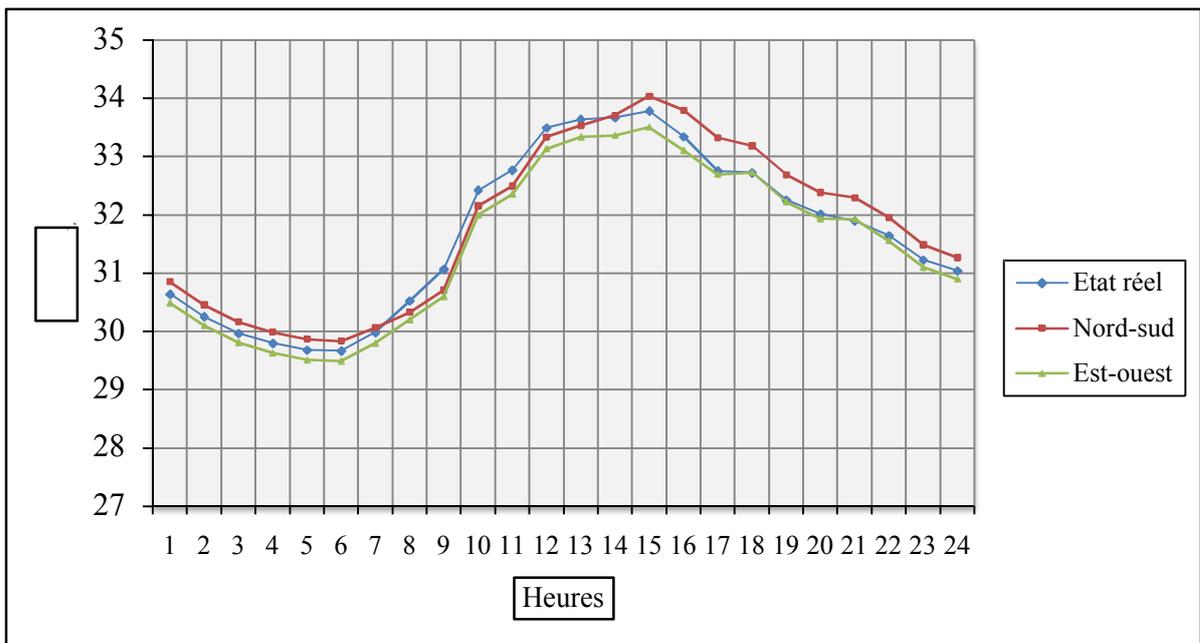


Figure-IX.24 : Variation horaire de la température moyenne intérieure (M2) pour trois orientations ( $0^{\circ}$ - $90^{\circ}$ - $105^{\circ}$ )

#### 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.

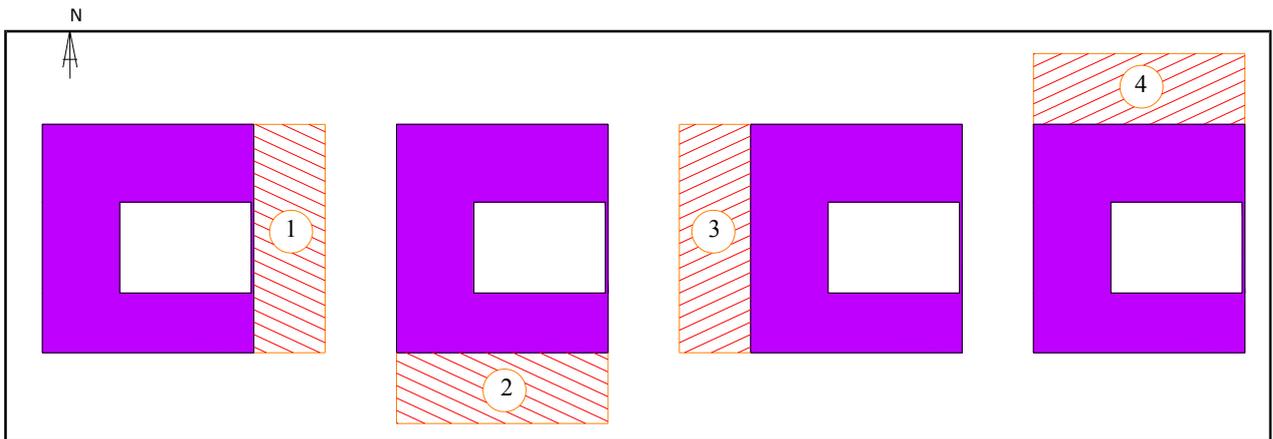
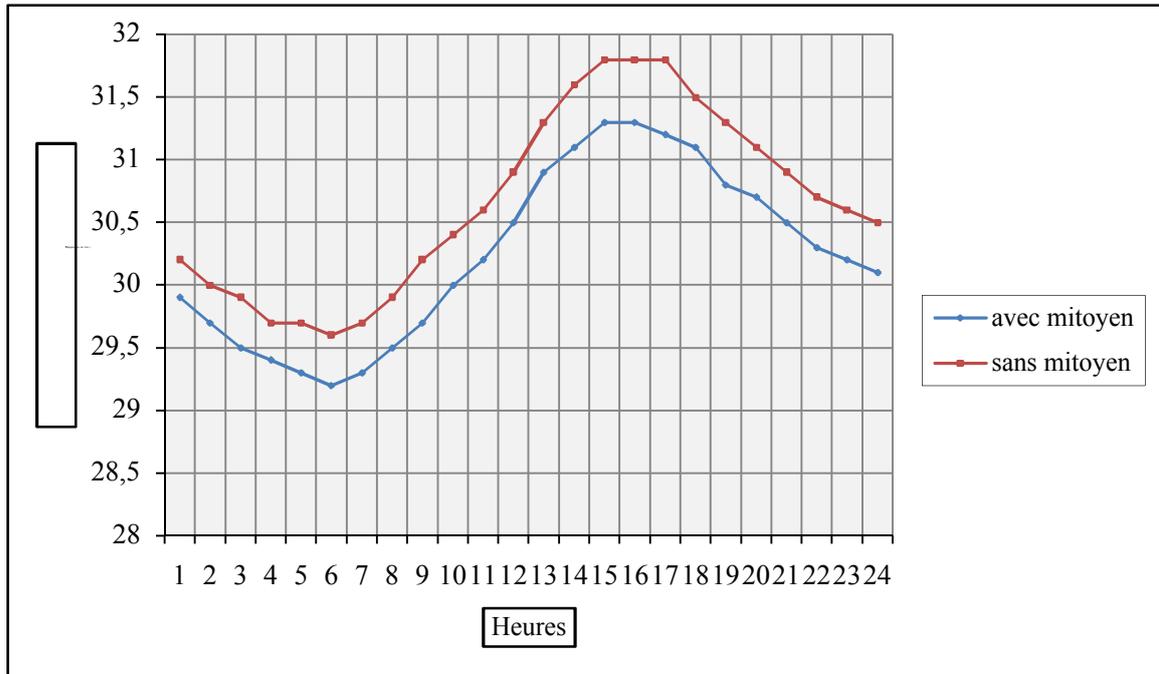
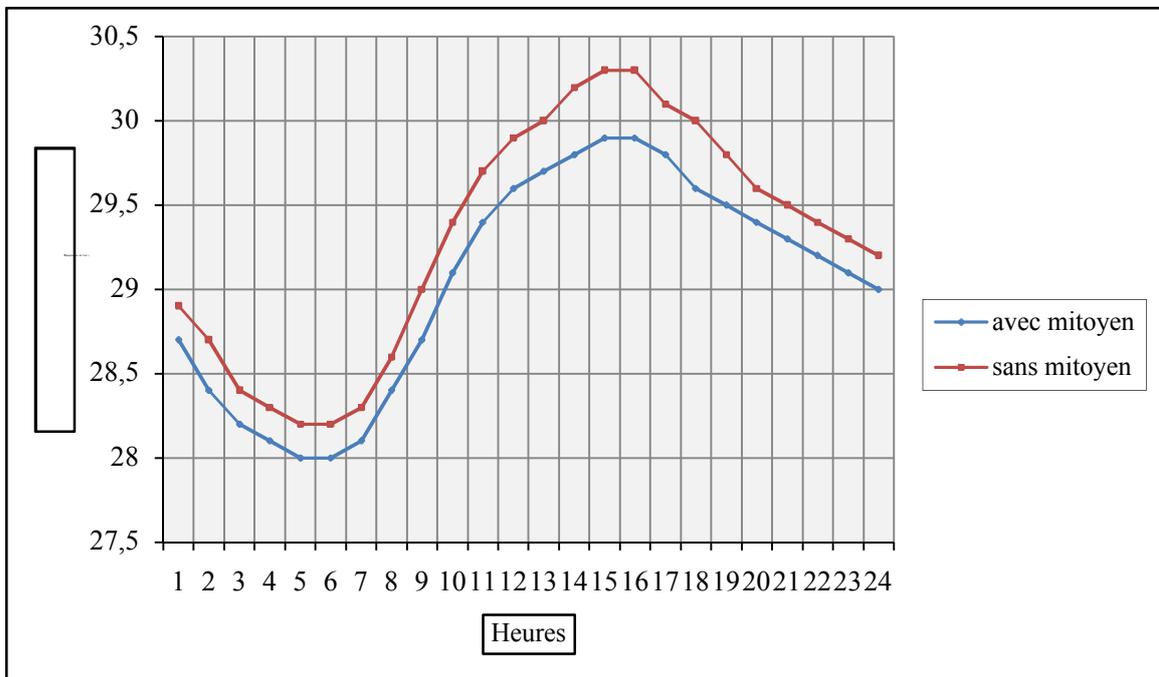


Figure-IX.17 : les cas simulés (les mitoyennetés), scénario 1

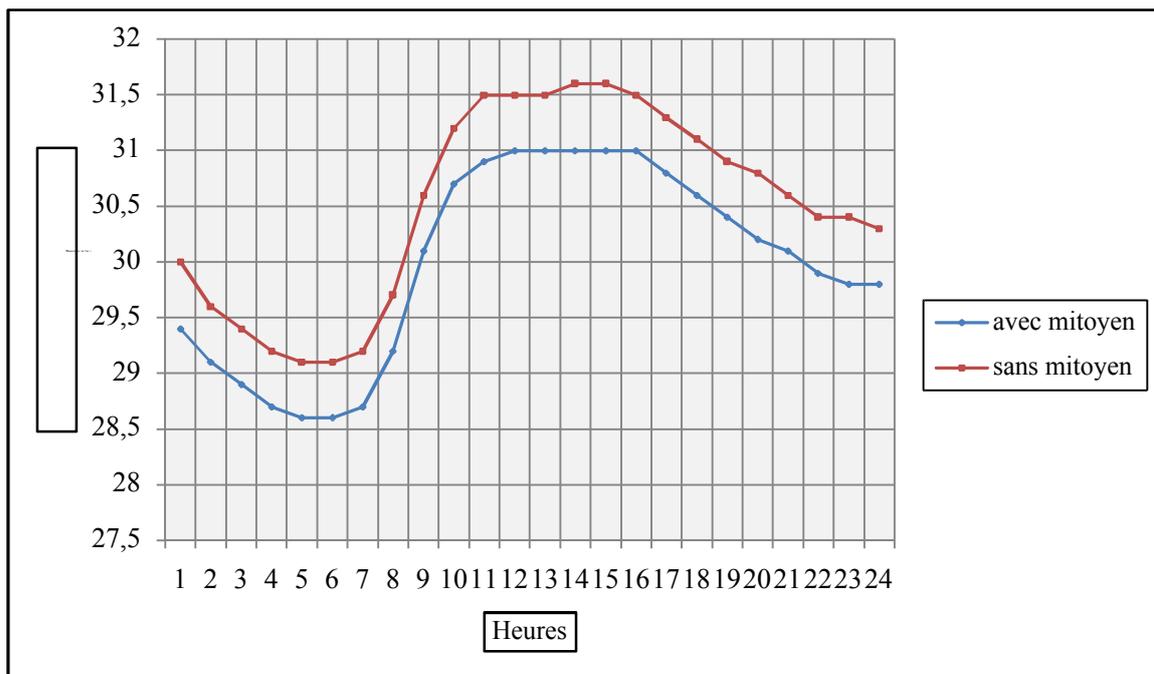
Les graphes suivants (25, 26, 27, 28) montrent les températures moyennes intérieures pour les espaces cités au dessus :



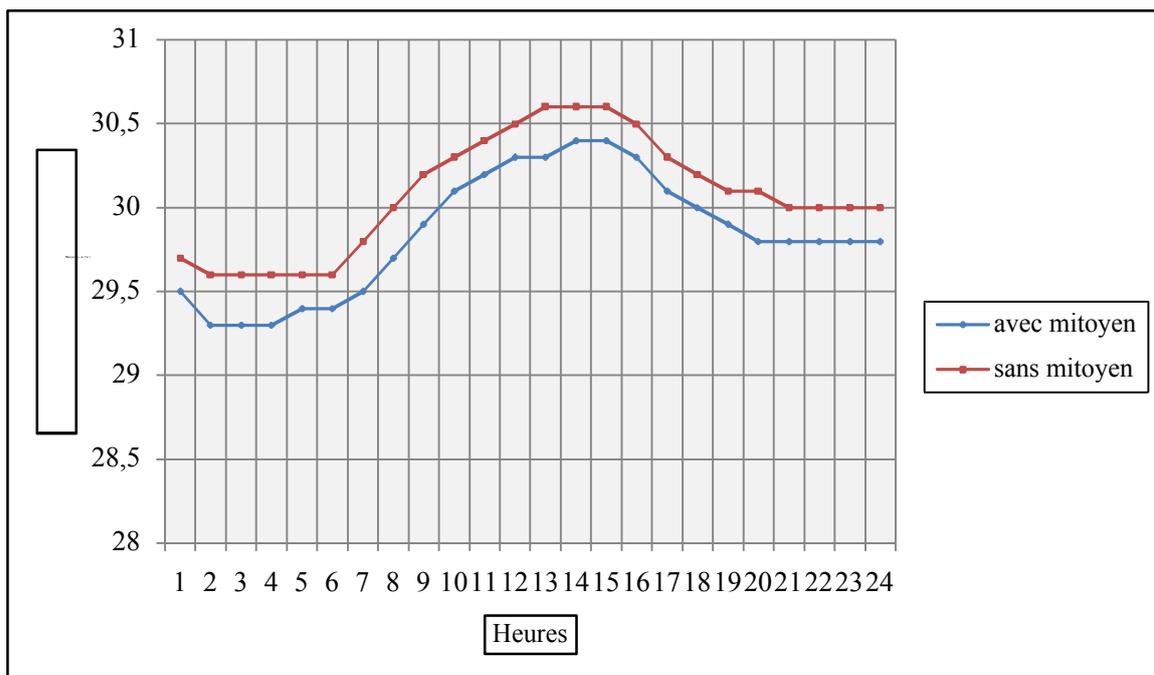
Graphe-IX.25 : Variation horaire de la température intérieure dans le SDB (coté Est)



Graphe-IX.26 : Variation horaire de la température intérieure dans la cuisine (coté Sud)



Graphe-IX.27 : Variation horaire de la température intérieure dans la chambre 1 (coté Ouest)



Graphe-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.

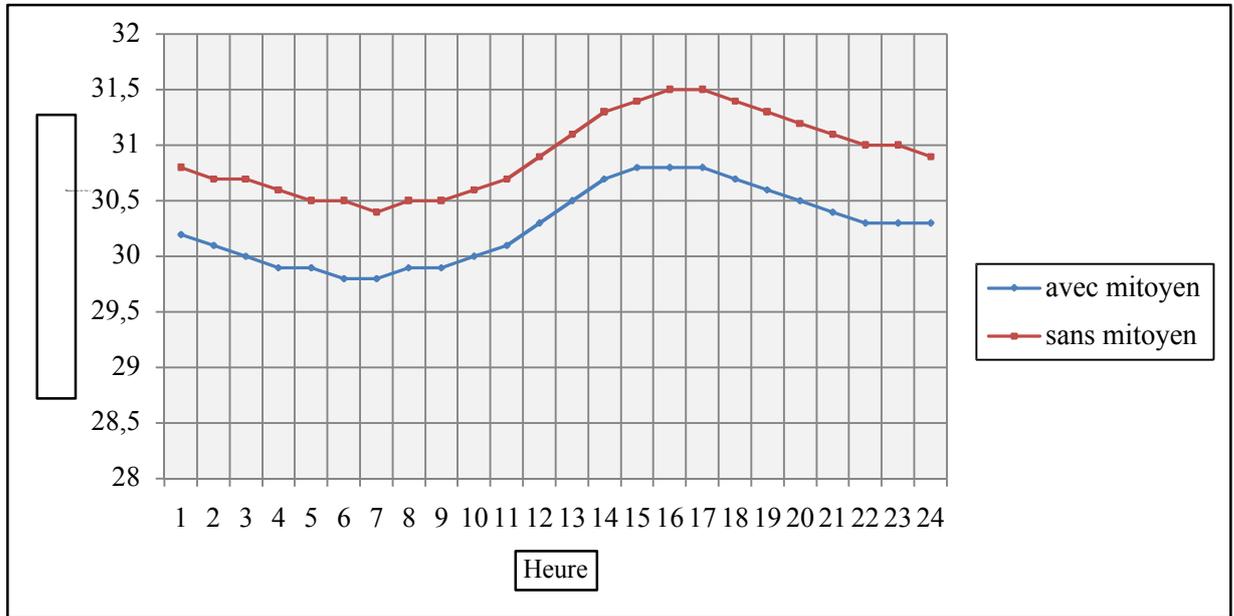
Donc, les pièces les plus sensibles et critiques en période estivale sont les espaces dirigés vers les cotés : Est et ouest, donc, il faut les protéger.

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.

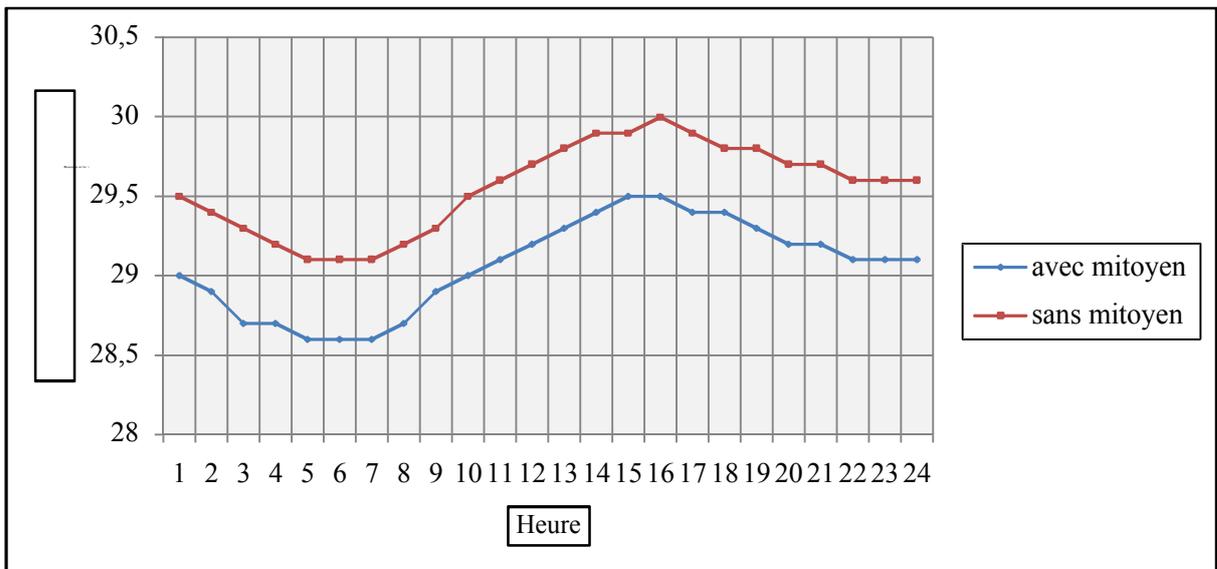
D'autre part, les différences entre les températures de surface intérieures les plus importantes sont remarquées au niveau les parois Est et Ouest (avec et sans protection). Les parois Sud et Nord signalent les écarts les moins élevés.

Protection de la paroi Est (SDB) :



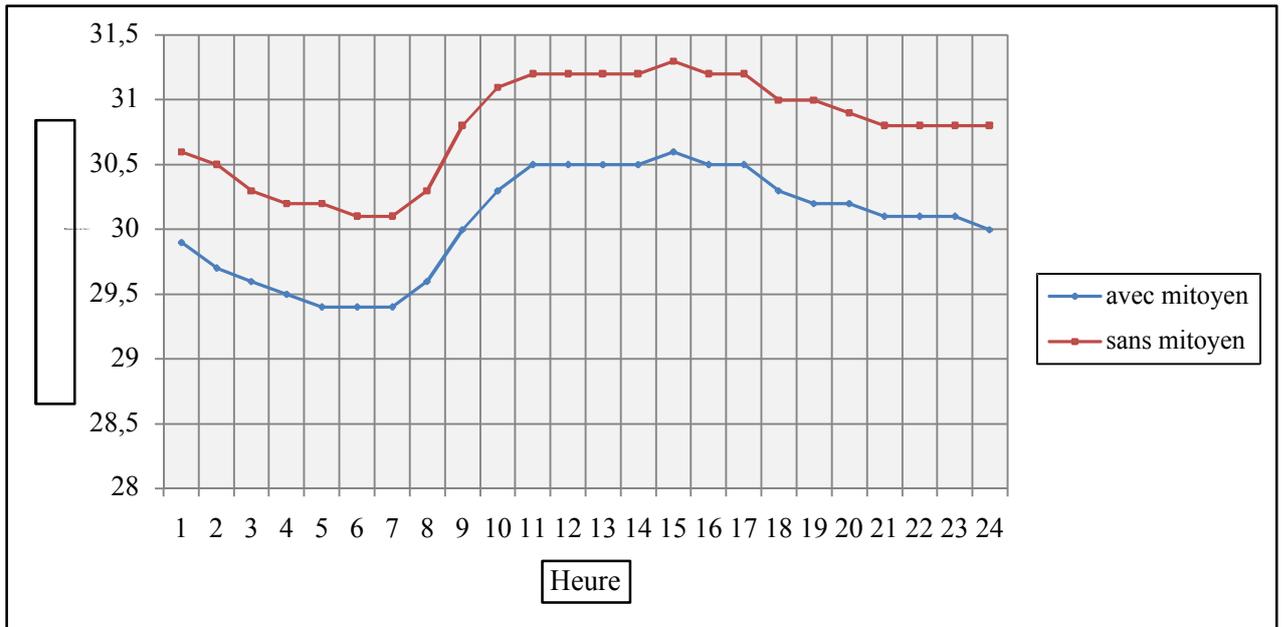
**Graphe -IX.29 : Variation horaire de la température surfacique de la paroi Est (SDB)**

Protection de la paroi Sud (cuisine) :



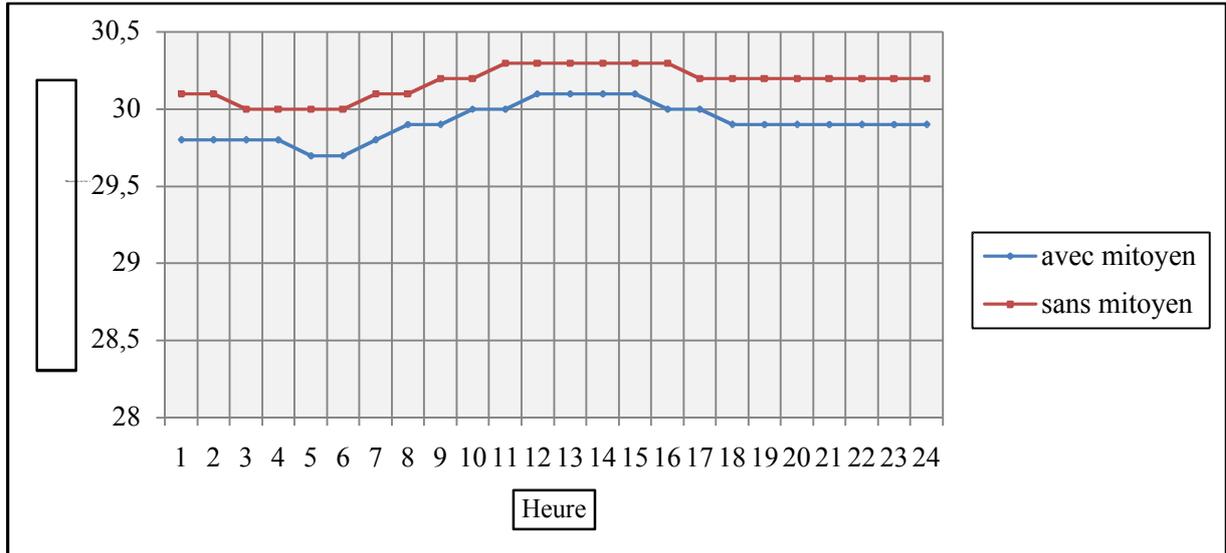
**Graphe-IX.30 : Variation horaire de la température surfacique de la paroi sud (cuisine)**

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).

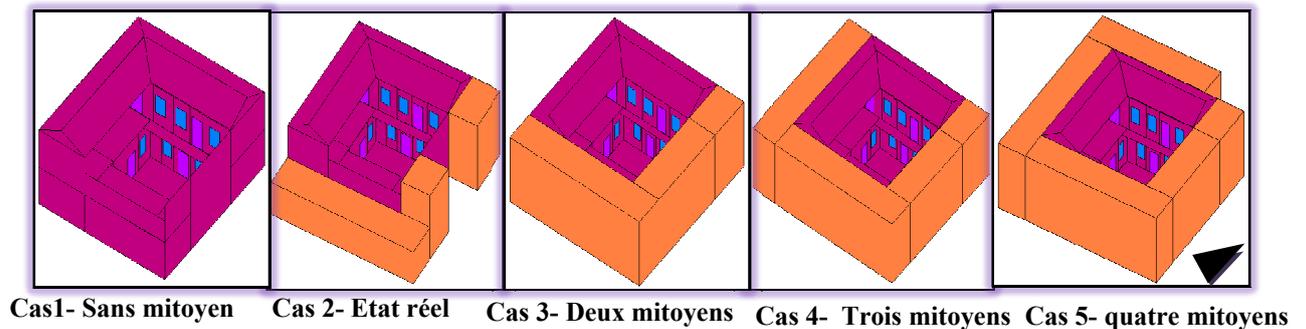


Figure-IX. 18: les cas simulés (la mitoyenneté), scénario 2

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.

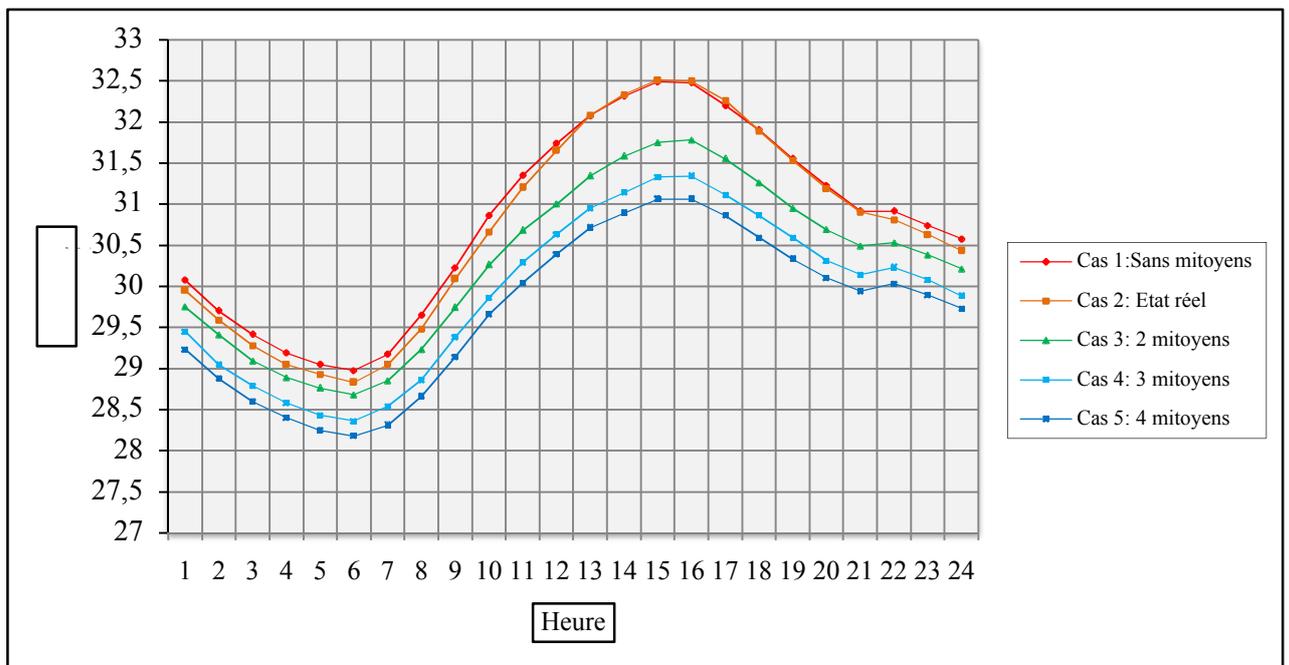
Une réduction des températures est remarquable entre les courbes correspondent au cas 2 jusqu'à 5, à chaque fois en ajoutant un mitoyen la température se tend à se baisser.

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).

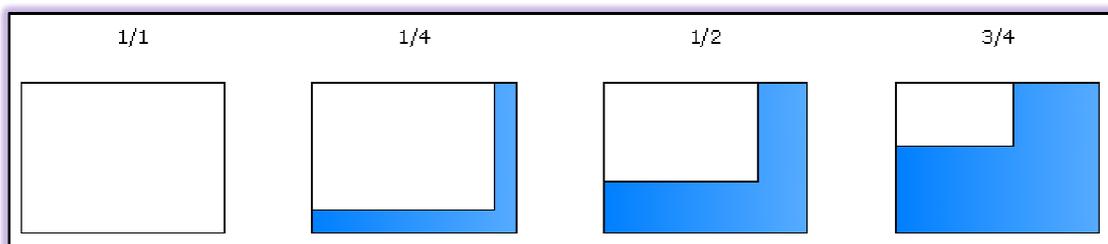
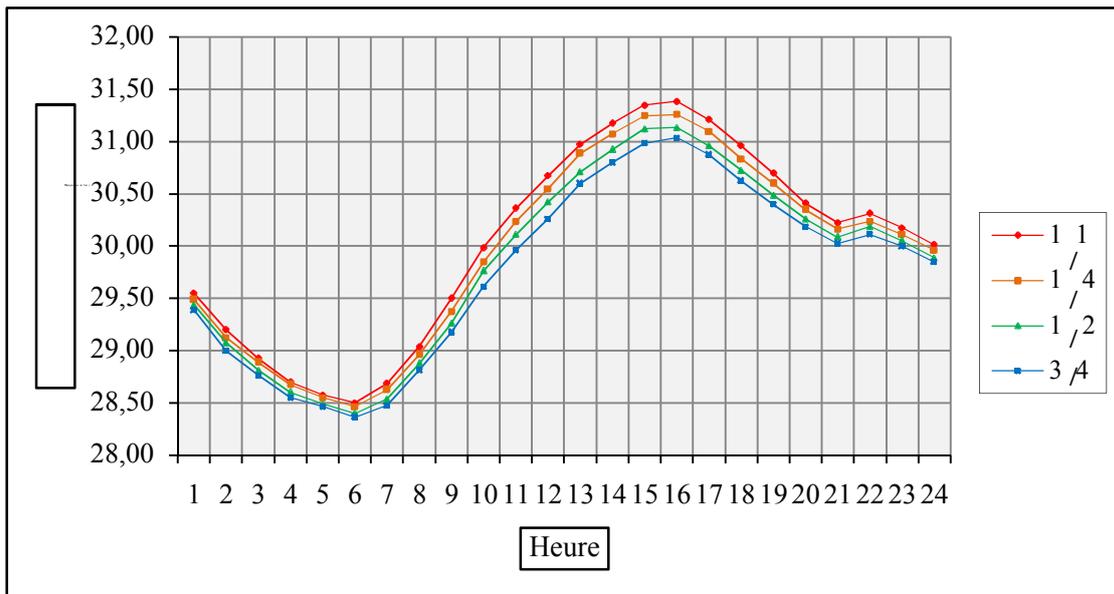


Figure-IX. 19: les cas simulés (couverture du patio)

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 irradiations 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.



Graphique-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.

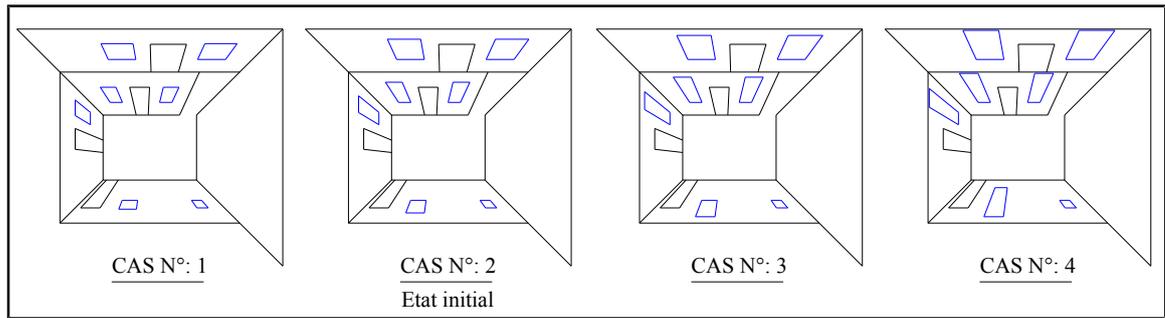
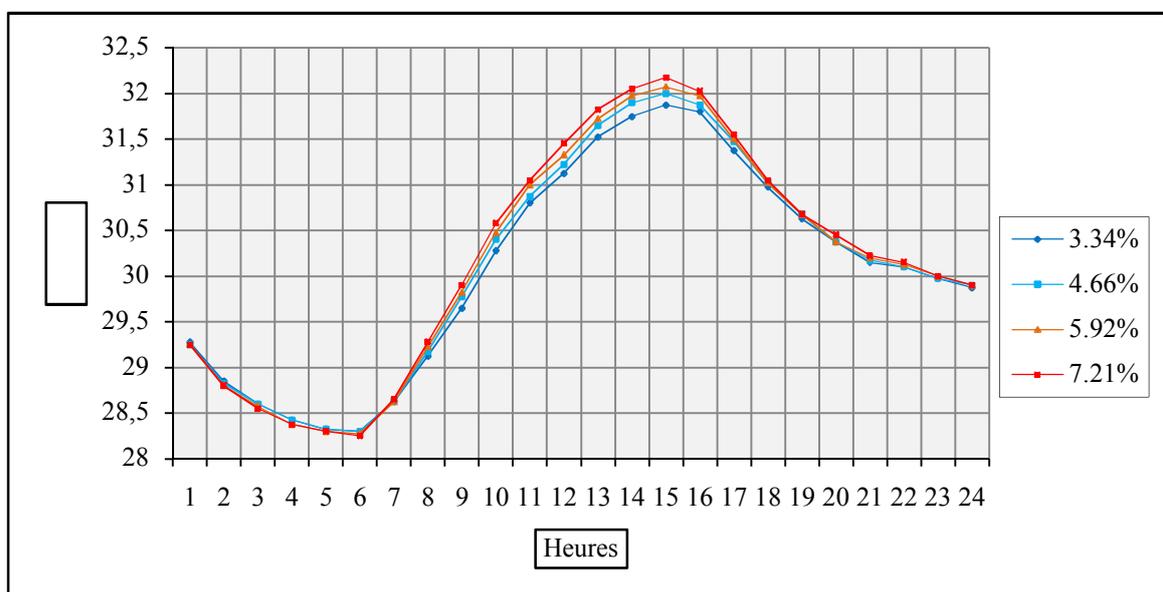


Figure-IX. 20: Les cas simulés (la taille des ouvertures)

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<br>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

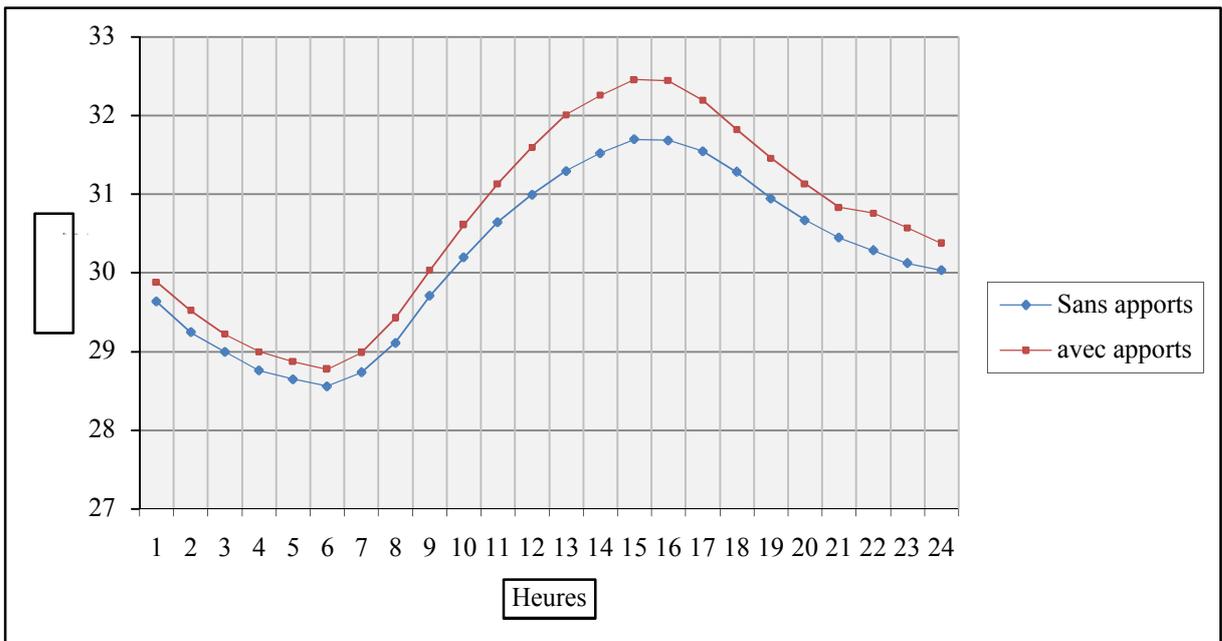
22-24 90W ... V7

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.