

Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment

Dalel Medjelakh* et Saliha Abdou

Laboratoire de l'Architecture Bioclimatique et l'Environnement, 'A.B.E'
Institut d'Architecture, Université Mentouri, Constantine, Algérie

(reçu le 04 Août 2008 – accepté le 30 Septembre 2008)

Résumé – *L'inertie thermique des bâtiments, sujet de notre propos, est derrière l'intelligente relation qui repose sur la bonne compréhension des échanges thermiques entre le dedans et le dehors. Elle participe au bon rendement, à la bonne utilisation et au confort de la machine thermique (bâtiment). Une investigation a été menée sur une maison de l'époque coloniale à Guelma afin d'estimer le rôle de l'inertie sur le confort hygrothermique. En comparaison, une villa contemporaine a été choisie pour évaluer l'impact de l'inertie thermique sur la consommation énergétique des bâtiments. Les résultats montrent que l'utilisation d'un matériau local adapté au climat de la région est à l'origine de la réalisation du confort hygrothermique et la consommation réduite de l'énergie. La validation des résultats de l'investigation par le logiciel TRNSYS.V14 réaffirme le rôle prépondérant de l'inertie thermique dans le maintien de l'équilibre hygrothermique intérieur. Bien que l'inertie des matériaux, selon les résultats, doit être associée aux moyens de chauffage (d'appoint) et de refroidissement naturelle (ventilation nocturne) dans les situations les plus défavorables.*

Abstract - *The thermal inertia of buildings, subject our talk, is behind the intelligent relationship based on good understanding of heat exchanges between the inside and outside. She is the good performance to good use and comfort of the thermal machine (building). An investigation was conducted on a house in the colonial period in Guelma to estimate the role of inertia on hygrothermal comfort. In comparison, a contemporary villa was chosen to assess the impact of thermal inertia on the energy consumption of buildings. The results show that the use of a material adapted to local climate of the region has led to the realization of hygrothermal comfort and reduced energy consumption. The validation of the results of the investigation by the software TRNSYS.V14 reaffirms the role of the thermal inertia in maintaining the balance humidity inside. Although the inertia of materials, according to the results, must be associated with heating means (booster) and natural cooling (night ventilation) in the most unfavourable.*

Mots clés: Inertie thermique - Bâtiment - Confort hygrothermique - Comparaison - Trnsys.

1. INTRODUCTION

Dans le but de créer le confort hygrothermique, l'homme construisait avec son environnement immédiat. Il utilisait des matériaux locaux de préférence lourds, afin de bénéficier de leur inertie. L'action combinée des facteurs climatiques sur son abri provoque des réponses thermiques. L'inertie thermique est derrière cette réponse, c'est un procédé passif lié aux matériaux et à la manière dont est constituée la paroi.

En fait, l'inertie d'un bâtiment est une fonction directe de sa capacité thermique qui agit concrètement, en s'opposant à toutes les variations brutales de température. Mais

* dalelmedjelakh@yahoo.fr

comme un amortisseur qui réduit et retarde l'effet des conditions extérieures (déphasage et décalage), c'est aussi un grand absorbeur d'énergie, [1].

Givoni, en 1998, suggère que l'inertie est une recommandation nécessaire pour la construction en climats chauds à grand écart diurne [2]. L'étude de Narayan, 2005, quant à elle, montre l'efficacité de l'inertie sous le climat froid dans la création du confort thermique et la réduction de la consommation énergétique, [3]. D'autres études comme celle de Solange, 2004, affirment que l'inertie thermique peut être aussi utile dans le climat chaud et humide, [4]. A cet effet, la présente recherche a examiné le rôle et l'impact réel de l'inertie sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment sous le climat sub humide de Guelma.

2. DESCRIPTIF DE LA MAISON DE L'EPOQUE COLONIALE ETUDIEE

La maison choisie pour l'étude est située à Guelma dans un climat chaud, subhumide en été et froid, pluvieux en hiver. Elle s'insère dans un centre colonial dense (Fig. 1). Elle est en R+1, construite en pierre, sur une cave semi enterrée, ouverte sur la rue par la façade Sud-Ouest et sur une cour par la façade Nord-Est (Fig. 2). En fait, il s'agit d'un grand immeuble ancien qui date de 1890, composé de plusieurs maisons individuelles superposées et regroupées autour d'une cour.

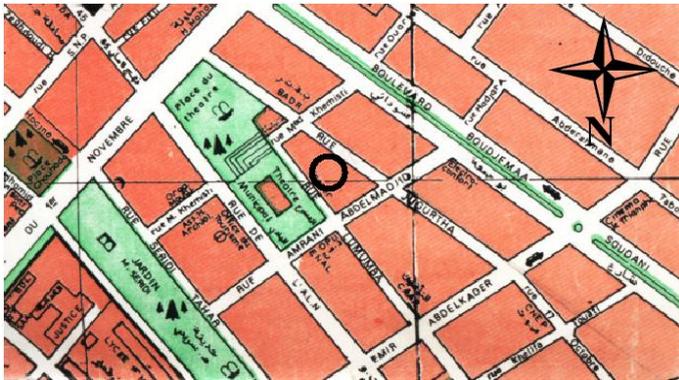


Fig. 1: Situation de la maison



Fig. 2: Vue-facade Sud-Ouest (côté rue) – Vue-facade Nord-Est (côté cour)

L'investigation a été menée sur deux maisons superposées de l'immeuble, sélectionnées dans le but de permettre à la fois l'évaluation de l'effet de l'inertie du sol (sur cave): CH1, des murs pour le R.D.C (Fig. 3) et l'effet de l'inertie de la toiture, et du plancher pour l'étage: CH2 (Fig. 4).

3. DEROULEMENT ET MESURES

Les relevés bi horaires de la température et de l'humidité relative ont été retenus au mois d'août et au mois de janvier; avec l'utilisation de la centrale météo, le thermomètre émetteur, et le hygromètre - thermomètre digital du modèle: TES-1360 (Fig. 5).

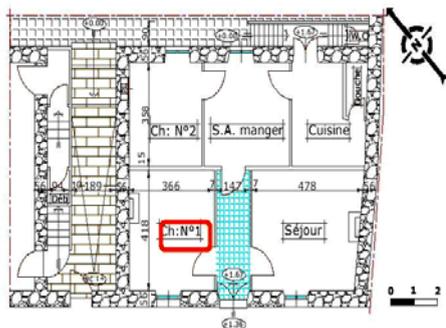


Fig. 3: Plan RDC (source auteur)



Fig. 4: Plan étage (source auteur)



Fig. 5: Appareils de mesure utilisés

4. DESCRIPTIF DE LA VILLA CONTEMPORAINE

La villa choisie pour la comparaison de la consommation énergétique se diffère des deux maisons de l'immeuble colonial. Mais l'étude s'est fixée le paramètre de l'orientation qui est commun entre les deux échantillons. Car ce dernier joue un rôle essentiel dans la performance thermique du bâtiment. La villa s'insère dans un contexte urbain plus ou moins dense (Fig. 6). Isolée dans sa parcelle, elle dispose d'un jardin de diverses plantations (Fig. 7). La villa est en R+1, (Fig. 8) construite en système poteau-poutre, ses murs externes sont en parpaing (double paroi avec lame d'air) de 30 cm d'épaisseur.

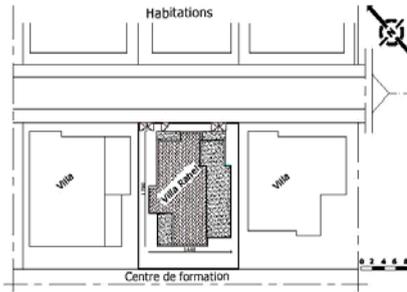


Fig. 6: Situation et orientation de la villa



Fig. 7: Vue- Face de la villa Nord-Est, coté rue

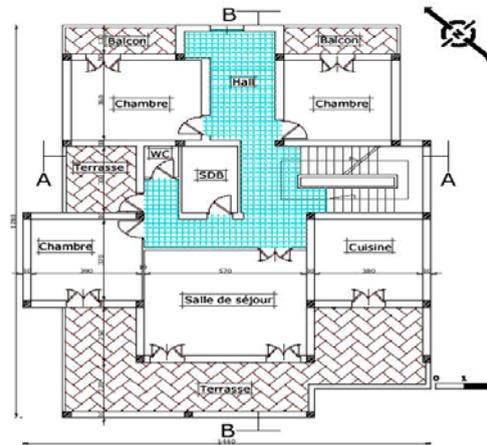


Fig. 8: Plan étage de la villa (source auteur)

5. EVALUATION DU ROLE DE L'INERTIE SUR LE CONFORT HYGROTHERMIQUE

5.1 Etude comparative de la température moyenne intérieure et extérieure: Période estivale (R.D.C)

La lecture de la figure 9 montre que la température intérieure offre une stabilité durant toute la journée avec une faible amplitude de 1.5 °C entre un max de 30.5 °C à 18 h et un min de 29 °C à 4 h du matin. Alors que la température météo et celle de la rue présentent des fortes amplitudes de 18.2 °C et de 7.1 °C.

Une amplitude de 10.1 °C a été enregistrée après 4 h de temps entre $T_{\text{météo}}$ et T_{int} . Les apports ont été donc amortis et déphasés dans le temps. Ce phénomène de déphasage est dû à l'inertie par absorption qui se produit avec l'effusivité et l'épaisseur du mur '56 cm', (Fig. 10).

Il est couramment admis qu'une maison de murs épais en pierre joue sur le déphasage que sur l'amortissement puisque la pierre n'est pas un aussi bon isolant. Or ce qui a été découvert dans le cas étudié c'est que les apports ont été bien amortis. Ceci est surtout dû aux multiples alvéoles du travertin (la pierre constituant le mur externe,

Fig. 11) et a ses qualités qui favorisent le pouvoir isolant de l'air, en retardant les mouvements de convection dans les cavités. La porosité de ce matériau est présentée comme un atout permettant d'offrir des parois qui respirent.

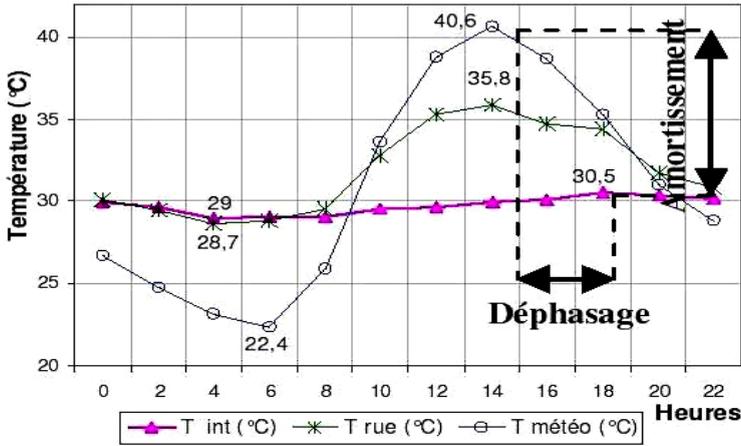


Fig. 9: Variation de la température moyenne intérieure et extérieure (R.D.C)

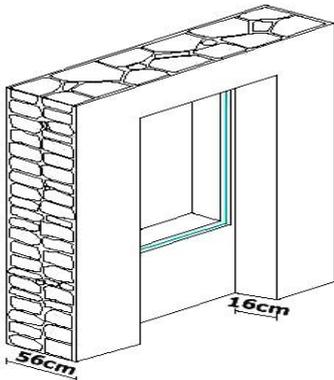


Fig. 10: Epaisseur du mur externe



Fig. 11: Echantillon du traversin (vacuoles)

Notant que l'étude expérimentale sur la conductivité thermique des briques par exemple, révèle que la porosité doit être augmentée en utilisant des cavités de petite taille pour obtenir une conductivité thermique efficace inférieure autant que possible, [5].

En plus de l'inertie thermique du mur, dans la maison de l'époque coloniale, on remarque que d'autres paramètres participent à stabiliser la température à l'intérieur, (Fig. 12).

* **la cave** contribue au rafraîchissement du R.D.C. Il s'agit de l'air chaud (pièce) au dessus de l'air froid (cave).

* **les matériaux situés à l'intérieur** agissent sur les températures intérieures en introduisant une inertie par absorption.

* **la hauteur importante sous plafond** (3.7 m) permet de larges surfaces effusives des cloisons intérieures et garantissent sur cette inertie par absorption.

* **l'insertion de l'immeuble dans un tissu compact** génère une masse thermique importante.

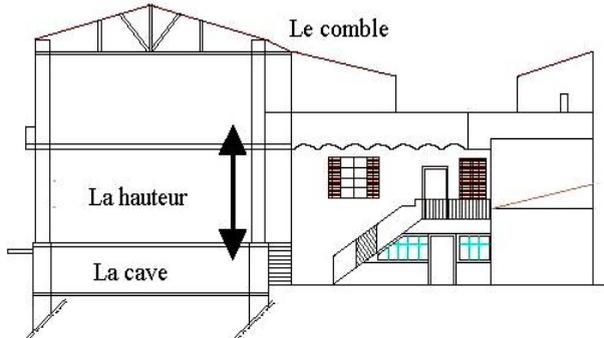


Fig. 12: Paramètres participant dans la stabilisation de la température interne

Le mode constructif (Fig. 13) - Les interstices entre les moellons et le vide laissé lors du montage de mur (lit par lit) constituent de leur part des isolants thermiques.

Or la nuit, il se produit un gain à l'intérieur après la dissipation de la chaleur stockée. D'où une inertie par transmission se produit et qui augmente au fur et à mesure avec l'épaisseur et diminue avec la diffusivité du mur. L'inertie écrase donc les températures max le jour et relève légèrement les températures min la nuit. Ce résultat vient confirmer celui Cheng, Givoni 2005, [6]. Alors, la forte inertie thermique doit être associée à une ventilation nocturne considérable pour évacuer la chaleur dissipée à l'intérieur.



Fig. 13: Le mode constructif

5.2 Etude de températures surfaciques interne et externe: Période été (R.D.C)

L'orientation Sud-Ouest, la couleur sombre, et l'absence totale d'occultation, provoquent la hausse de la température de surface externe. Elle atteint un maximum de 72.1 °C, comparée à la température de surface interne de la paroi, qui n'atteint que 30.9°C. Celle-ci est essentiellement liée à la qualité thermique du matériau utilisé. Elle exclut l'effet de la paroi chaude. Car l'écoulement de l'onde thermique par conduction à travers le mur s'est affronté par les résistances thermiques de ses composants, (Fig. 14).

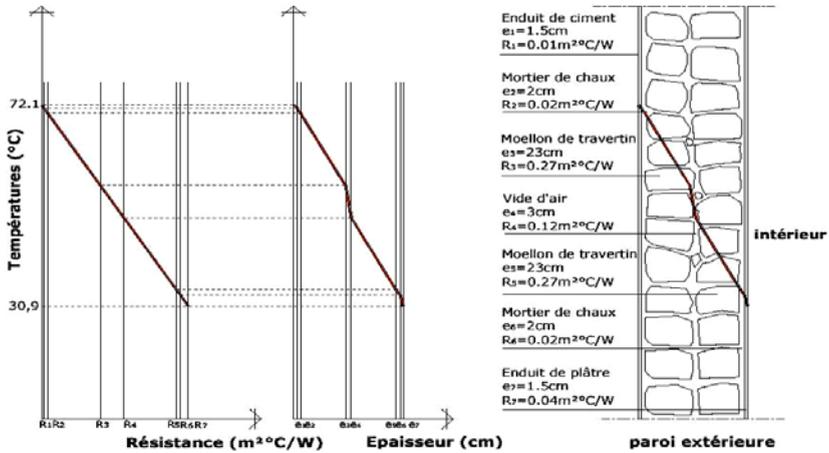


Fig. 14: Tracé du gradient thermique

5.3 Etude de l'humidité moyenne intérieure et extérieure: Période été (R.D.C)

Le taux de l'humidité interne est aussi stable avec un écart de 3.75 % entre sa valeur max et sa valeur min. Ceci s'explique aussi par l'effet imposant de la pierre utilisée dans le maintien de l'équilibre hygrométrique, en évitant les variations de l'humidité relative. En plus de ses propriétés thermiques, la pierre avec ses propriétés hygrométriques de l'absorption et la désorption de la vapeur d'eau, permet de réguler les conditions intérieures, (Fig. 15). Ce résultat rejoint celui de Ben Habib *et al.*, dont le matériau testé était l'adobe amélioré en laboratoire, [7].

5.4 Etude de la température moyenne intérieure et extérieure: Période été (Étage)

La température moyenne intérieure en étage oscille entre un min de 28.6 °C à 4 h et un max de 30.7 °C à 20 h. Soit une amplitude de 2.1 °C. Alors que la température de la rue et la température météo enregistrent leur maximum à 14 h de 35.8 et 40.6 °C et leur minimum de 28.7 à 4 h et 22.4°C à 6 h, (Fig. 16). Alors l'inertie thermique en étage pendant le jour, se comporte comme celle du R.D.C en amortissant la fluctuation de la température extérieure, et en la déphasant dans le temps.

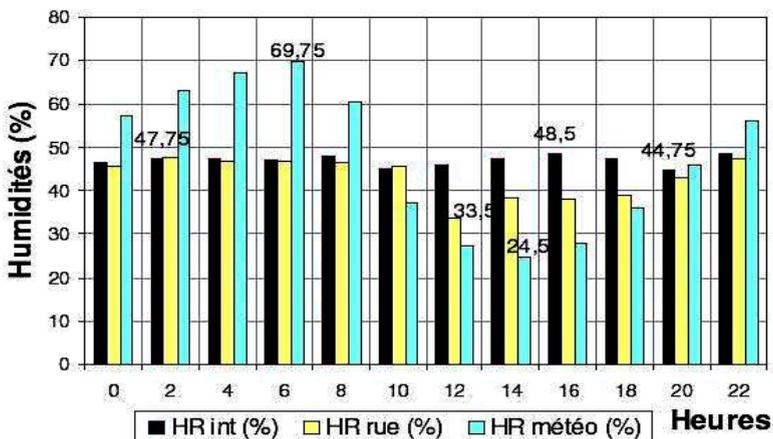


Fig. 15: Variation de l'humidité relative moyenne intérieure et extérieure (R.D.C.)

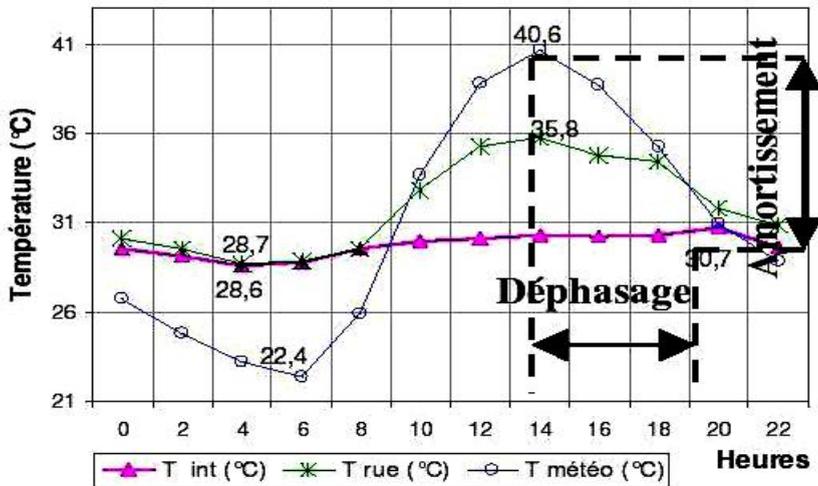


Fig. 16: Variation horaire de la température moyenne intérieure et extérieure (étage)

5.5 Etude de l'humidité moyenne intérieure et extérieure

L'étude de l'humidité relative à l'intérieur de la pièce en étage révèle que cette dernière marque aussi une stabilité durant le jour comparée à celle de l'extérieur, -rue ou météo- (Fig. 17).

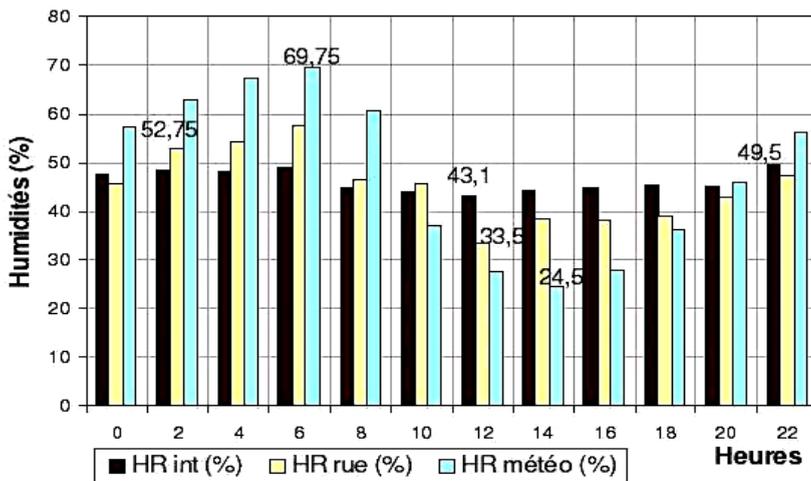


Fig. 17: Variation de l'humidité moyenne intérieure et extérieure (Etage)

On conclut donc que le confort hygrothermique estival est atteint en R.D.C. comme en étage, grâce à l'inertie thermique.

5.6 Etude de la température intérieure et extérieure: Période hivernale (R.D.C)

D'après la figure 18, la température moyenne intérieure marque une faible amplitude de 2.1 °C comparée à celle au niveau de la rue ou à celle enregistrée par la station météorologique.

L'inertie évite les chutes de température en hiver. Selon Balaras, l'énergie disponible des gains solaires et les gains internes le jour, est stockée dans la masse et plus tard restituée à l'intérieur lorsqu'on a besoin, [8]. Mais à défaut, il y aura un refroidissement potentiel, où le chauffage pourvoira au risque et maintiendra une température de confort. L'effet de l'inertie est même présent en hiver en assurant la protection du bâtiment des déperditions par convection ou infiltrations. Sans oublier l'effet de la mitoyenneté qui diminue les déperditions.

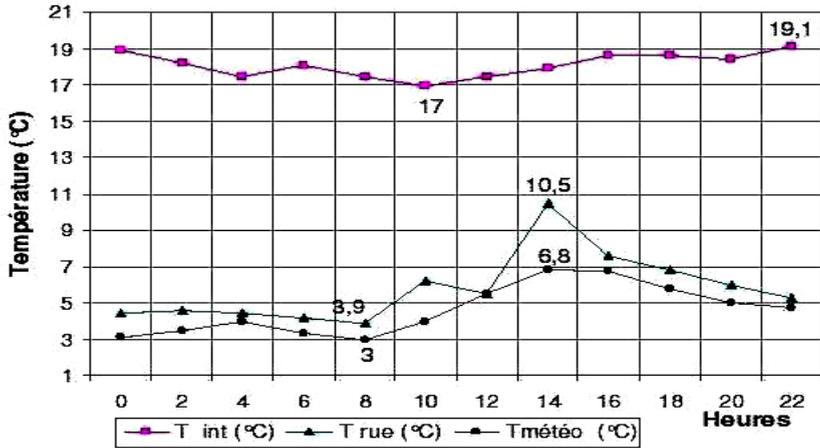


Fig. 18: Variation horaire de la température moyenne intérieure et extérieure (R.D.C.)

On peut dire que l'inertie de la paroi par sa capacité et son épaisseur met bien en évidence la gestion optimale des apports de chaleur.

5.7 Etude de l'humidité moyenne intérieure et extérieure: Période hivernale (R.D.C)

Selon la figure 19, les moyennes extérieures de l'humidité enregistrées par les services météorologiques sont supérieures le jour comme la nuit à celles de la rue ou à celles de l'intérieur.

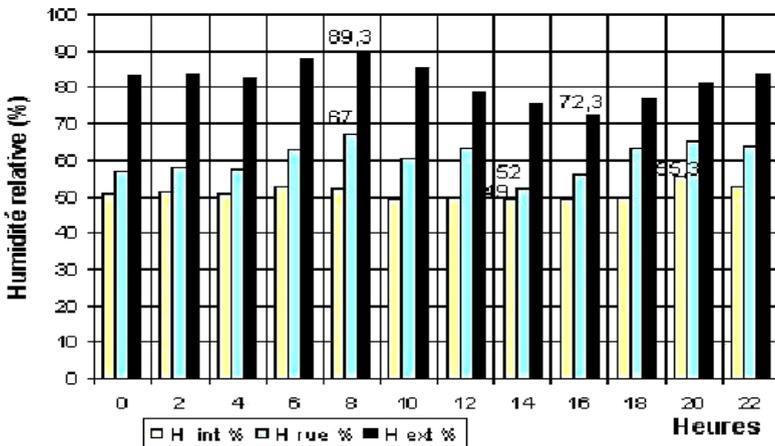


Fig. 19: Variation de l'humidité relative (R.D.C)

Grâce à l’inertie, la réponse thermique de la maison de l’époque coloniale est bonne, mais reste assez dépendante du comportement de ses occupants, le contrôle de la ventilation nocturne en été et le chauffage d’appoint pour la régulation thermique en hiver.

6. EVALUATION DE L’IMPACT DE L’INERTIE SUR LA CONSOMMATION ENERGETIQUE

L’étude comparative des factures de gaz et d’électricité, est l’outil choisi pour vérifier l’impact de l’inertie sur la consommation énergétique. Effectuée entre les deux maisons de l’immeuble colonial (maison ‘Medjelekh’ située au R.D.C et maison ‘Oumerzoug’ situé à l’étage) à celui de la villa contemporaine (maison ‘Rahel’).

6.1 Etude de la consommation électrique

Une faible consommation enregistrée par les deux maisons de l’époque coloniale par rapport à la villa contemporaine, (Fig. 20). En plus, même si on fait additionner la consommation des deux maisons de l’époque coloniale, la villa ‘Rahel’ marque toujours les valeurs les plus élevées, (Fig. 21).

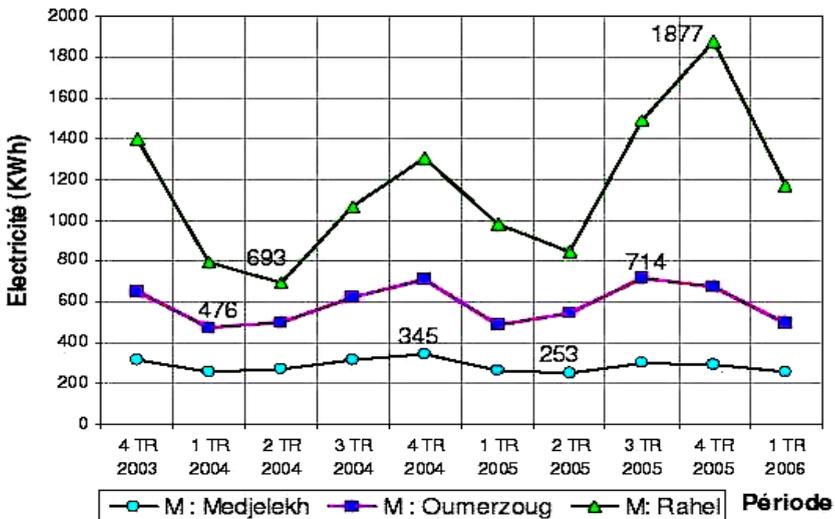


Fig. 20: Consommation de l’électricité des trois maisons sur une période de dix trimestres

6.2 Etude comparative de la consommation du gaz naturel

Aussi une faible consommation du gaz est enregistrée au profit des deux maisons de l’époque coloniale à celui de la villa, (Fig. 22). Même si on fait additionner la consommation du gaz des deux maisons, la villa marque un maximum légèrement plus élevé, (Fig. 23).

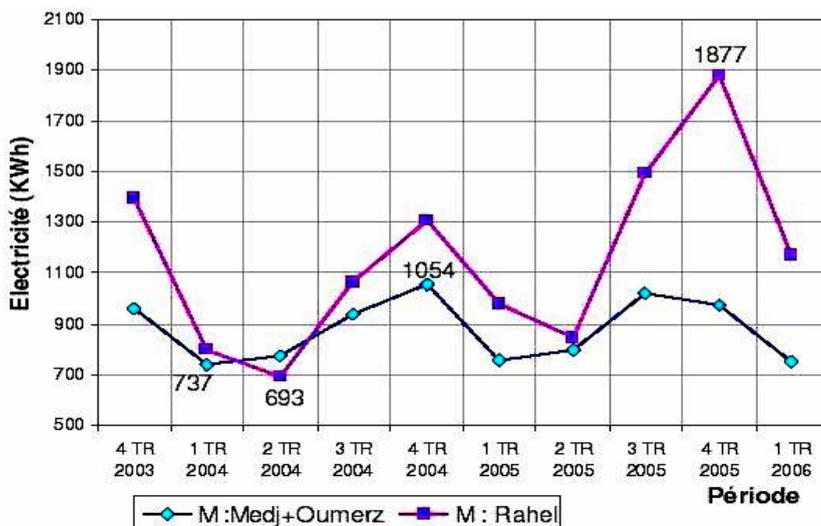


Fig. 21: Consommation de l'électricité de la maison Rahel et la maison Medjeleh additionnée à la maison Oumerzoug

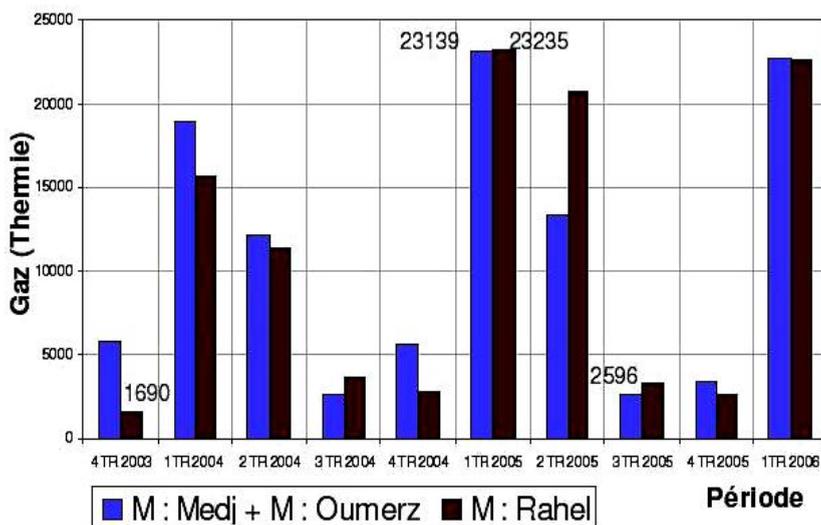


Fig. 22: Consommation du gaz de la maison Rahel et a maison Medjeleh additionnée à la maison Oumerzoug

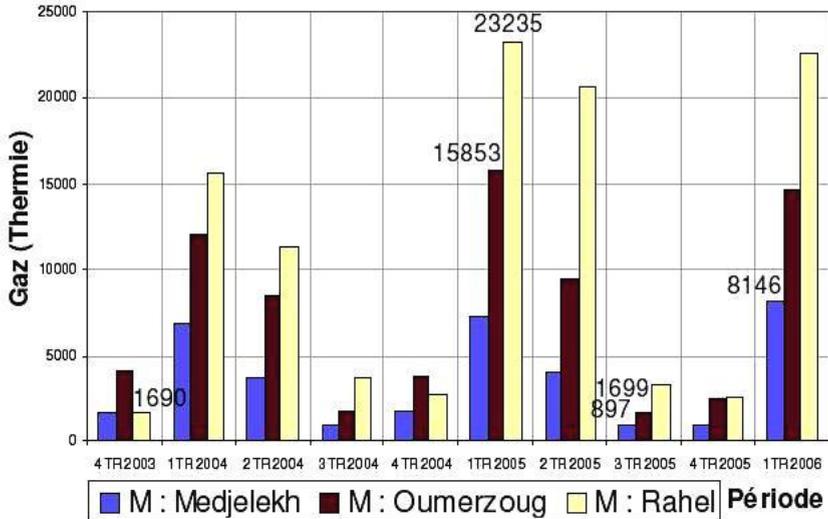


Fig. 23: Consommation du gaz des trois maisons sur une période de dix trimestres

7. SIMULATION

D’après l’investigation, l’inertie est une option qui peut affecter grandement la qualité thermique du bâtiment. Afin de valider ce résultat, on a choisi pour la simulation le logiciel TRNSYS V.14.1 pour ses divers avantages.

7.1 Comparaison entre les températures intérieures mesurées et celles simulées par TRNSYS - Période estivale (R.D.C)

Les courbes de la figure 24 révèlent une concordance entre la température modélisée et la température moyenne intérieure mesurée dans la pièce du R.D.C. L’écart maximum entre les deux températures est de 1.88 °C, enregistrée à minuit, ce qui valide les résultats in situ.

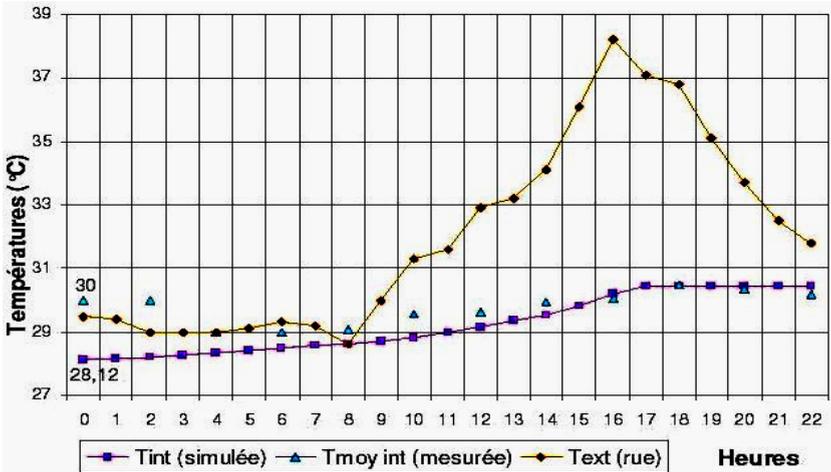


Fig. 24: Comparaison entre les températures moyennes intérieures et extérieures mesurées et les températures intérieures simulées (R.D.C.)

8. CONCLUSION

Il en résulte de l'étude les conclusions suivantes:

- L'utilisation d'un matériau local adapté au climat de la région est à l'origine de la réalisation du confort hygrothermique et la consommation réduite de l'énergie.
- L'inertie thermique assure l'équilibre hygrothermique. En été, elle permet de lisser les flux thermiques et les températures extrêmes. En hiver, elle évite les chutes trop brutales de la température et met bien en évidence la gestion optimale des apports de chaleur. Mais elle doit être combinée avec les moyens de chauffage et de refroidissement naturelle pour le bon comportement thermique.
- Avec l'assurance du confort hygrothermique hivernal et estivale, l'inertie permet une consommation énergétique réduite.

REFERENCES

- [1] O. Sidler, '*L'Inertie Thermique en Climat Méditerranéen. Confort et Consommations d'Energie*', Montpellier, Colloque le 15/05/2003. Email: silder@club-internet.fr
- [2] B. Givoni, '*Effectiveness of Mass and Night Ventilation in Lowering the Indoor Daytime Temperatures. Part I: 1993 Experimental periods*', Energy and Buildings, Vol. 28, N°1, pp. 25 – 32, 1998.
- [3] T. Narayan, '*A Passive Courtyard Home in Jaipur, India: Design Analysis for Thermal Comfort in a Hot Desert Climate*', Arizona State University, [En ligne] Thulasi.Narayan@asu.edu Last saved 03/02/05
- [4] V.G.G. Solange, '*Thermal Inertia and Natural Ventilation – Optimisation of Thermal Storage as a Cooling Technique for Residential Buildings in Southern Brazil*', PhD Thesis, October, 2004.
- [5] M.S. Soylemez, '*On the Effective Thermal Conductivity of Building Bricks*', Building and Environment, Vol. 34, N°1, pp. 1 – 5, 1999.
- [6] V. Cheng, E. Ng and B. Givoni, '*Effect of Envelope Colour and Thermal Mass on Indoor Temperatures in Hot Humid Climate*', Solar Energy, Vol. 78, N°4, pp. 528 – 534, 2005.
- [7] Ben Habib *et al.*, '*Analyse Bioclimatique de l'Habitat Traditionnel des Régions Désertiques Nord Sahariennes*', Rapport d'étude, Université de la Rochelle et Institut, USTO, Oran, 1995.
- [8] C.A. Balaras, '*The Role of Thermal Mass on the Cooling Load of Buildings. An Overview of Computational Methods*', Energy and Buildings, Vol. 24, N°1, pp. 1 – 10, 1996.