

## Performance énergétique d'une maison à patio dans le contexte maghrébin (Algérie, Maroc, Tunisie et Libye)

N. Fezzioui<sup>1</sup>, M. Benyamine<sup>1</sup>, N. Tadj<sup>1</sup>, B. Draoui<sup>1</sup> et S. Larbi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Energétique en Zones Arides, 'Energarid'

Faculté des Sciences et Technologie, Université de Béchar, P.B. 417, Béchar, Algérie

<sup>2</sup> Laboratoire de Génie Mécanique et Développement, Département de Génie Mécanique  
Ecole Nationale Polytechnique, Avenue Hassen Badi, El Harrach, Alger, Algérie

(reçu le 18 Mars 2012 - accepté le 30 Septembre 2012)

**Résumé** - *Un grand nombre des maisons qui bordent le bassin méditerranéen sont organisées autour d'un patio. Cela est vrai pour l'Andalousie, la Grèce, le sud de l'Italie, les pays de la méditerranée, et particulièrement pour l'Afrique du Nord. Les origines de cette organisation spatiale sont très anciennes. A la suite de la maison grecque, la maison romaine disposait généralement de deux cours intérieures. Mais c'est avec l'arrivée de la civilisation arabo-musulmane en Afrique du nord, que la maison à patio a connu son apogée, répondant à la fois à des exigences sociologiques, culturelles, et thermiques [1]. Les valeurs d'intimité président à cette conception de l'habitat. Il s'agit de privilégier l'être, et non le paraître. Sur le plan thermique, la maison à patio est particulièrement bien adaptée au climat chaud et semi-aride. Le patio jouit d'un microclimat plus tempéré que le climat extérieur, et joue ainsi le rôle d'un espace tampon entre l'intérieur de l'habitation et l'ambiance extérieur. Particulièrement en saison chaude, elle propose des solutions thermique sans contradiction avec la vie des gens, leurs traditions, et leur système de croyance [2]. Mais les schémas de la modernité constituent une menace pour ce type de maison. En Egypte par exemple, elles n'existent pratiquement plus que sous forme de vestige d'une époque révolue. Dans ce travail, nous proposons une simulation numérique du comportement thermique d'une maison à patio en fonction du contexte climatique maghrébin, à l'aide du logiciel de simulation du comportement thermique en régime dynamique TRNSYS.*

**Abstract** - *A great number of the houses which border the Mediterranean basin are organized around a patio. That is true for the Andalusia, Greece, the south of Italy, the countries of the Mediterranean, and particularly for North Africa. The origins of this space organization are very old. Following the Greek house, the Roman house had generally two inner courtyards. But it is with the arrival of the Arabian-Moslem civilization in North Africa, that the house with patio knew its peak, answering at once sociological, cultural, and thermal requirements [1]. The values of intimacy preside over this conception of the housing environment. It is a question of privileging the being, and not to appear him. Thermally, the house with patio is particularly well adapted to the warm and semi-arid climate. The patio enjoys a more moderate microclimate than the outside climate, and cheek so the role of a space plug between the inside and the outside atmosphere of the house, particularly in warm season, it proposes thermal solutions without contradiction with the life of people, their traditions, and their system of belief [2]. But the plans of the modernity constitute a threat for this type of house. In Egypt, for example, they do not exist more than in the form of vestige of bygone days. In this work we propose numerical simulation of thermal behaviour of the courtyard house (house with patio) according to the climatic context of the Maghreb using TRNSYS software.*

**Mots clés:** Maison à patio - Simulation numérique - Efficacité énergétique - Climat maghrébin.

## 1. INTRODUCTION

La consommation d'énergie dans le bâtiment dans le monde représente approximativement 40 % de la consommation totale d'énergie, elle est responsable à 25% du total des émissions de CO<sub>2</sub> [3].

L'amélioration des conditions de confort et la réduction des charges liées à la climatisation et le chauffage par des moyens écologiques à faible coût énergétique sont considérées aujourd'hui comme une priorité absolue à la fois par les distributeurs d'énergie et les usagers. D'une part, la croissance de l'industrialisation conduit à l'augmentation de la consommation d'énergie; l'utilisation de l'énergie fossile est responsable, dans une large mesure, des émissions des gaz à effet de serre et du réchauffement de la planète.

D'autre part, l'acquisition de climatiseurs destinés à refroidir l'air des logements a pour effet de réchauffer l'air extérieur et pour une ville comme Athènes, on note un gradient de température qui va jusqu'à 14 °C en été entre la ville et sa périphérie. Ce dégagement entropique conduit à un surdimensionnement constant des systèmes. Ces considérations sont à l'origine de la surconsommation énergétique et de problèmes d'inconforts des occupants. Enfin, les problèmes surconsommation énergétique – usage des CFC engendrent à moyen terme des problèmes de santé, de qualité de l'air et environnementaux d'une façon générale.

Dans les pays magrébins, le climat est plus souvent clément au nord, très froid l'hiver aux hauts plateaux, et très rigoureux et sec au sud.

Les modes de construction traditionnels réalisaient des conditions de confort acceptable l'essentiel de l'année, durant les périodes chaudes ou très chaudes, par une architecture climatique exemplaire assurant une climatisation naturelle satisfaisante.

Des modes de chauffage rustiques permettaient de traverser la période froide. Pour différentes saisons, les modes de construction modernes n'assurent plus vraiment des conditions de confort acceptable durant les périodes froides ou très chaudes, sans le recours à des équipements de chauffage et/ou de refroidissement.

## 2. SIMULATION NUMERIQUE

Nous proposons une analyse de la maison à patio dans les quatre pays magrébins: Maroc, Algérie, Tunisie et Lybie sur le plan thermique. Nous avons choisi des villes situées dans des situations géographiques et des climats différents.

Le but de cette étude est de faire ressortir les points forts, ainsi que les défaillances de ce type d'habitat et d'évaluer le degré d'adaptation climatique de ce type de construction au contexte climatique magrébin.

Nous avons utilisé le logiciel TRNSYS [4]. En entrée du logiciel, nous avons introduit la description géométrique et thermo-physique de l'habitat. Pour comprendre leur comportement thermique, une comparaison avec une maison type moderne est effectuée, Fig.1.

Les murs extérieurs sont des parois doubles en parpaings creux (15 et 10 cm) avec une lame d'air (2.5 cm), enduit en plâtre à la surface intérieure et enduit mortier à la surface extérieure. Les cloisons sont en parpaings creux (10 cm) avec un enduit en plâtre sur les deux surfaces.

La toiture est en corps creux en ciment (16 cm), avec enduit plâtre à l'intérieur, enduit ciment (2 cm) et couche de béton (4 cm) à l'extérieur. Le plancher bas sur terre plein est une dalle en béton avec carrelage (2 cm).

Le vitrage est simple d'une épaisseur de 4 mm, d'une conductance hors résistances superficielles égale à  $5 \text{ W/m}^2\text{K}$  et de facteur solaire égal à 0.85 avec un cadre en bois.



Fig.1: Plan synoptique d'une maison à patio et d'une maison type moderne

Nous supposons que chaque maison abrite six (06) personnes. Le niveau d'activité métabolique est de 1.5 met de 08 h à 23 h l'été (08 h à 21 h en hiver), et d'1 met de 23 h à 08 h l'été (21 h à 08 h en hiver). En ce qui concerne la résistance thermique des vêtements, elle est égale à 0.5 clo l'été (1.5 clo en hiver), et une vitesse relative d'air égale à 0.1 m/s.

**Tableau 1:** Situation géographique et données climatiques des villes étudiées

Pays	Ville	Situation	Tmax	Tmin	Humid.	Vit. vent
Algérie	Béchar	Alt: 874m 31.37N; 2.14W	42.39	-0.73	37.94	4.54
	Tamanrasset	Alt: 1733m 22.37N; 5.31E	37.94	-0.60	29.41	3.18
	Oran	Alt: 110m 35.37N; 0.36W	37.88	0.28	74.33	2.50
Maroc	Casablanca	Alt: 58m 33.34N; 7.40W	30.05	4.65	80.63	2.25
Tunisie	Tunis	Alt: 4m 36.5N; 10.14E	40.01	2.25	71.22	4.57
Libye	Tripoli	Alt: 81m 32.4N; 13.09E	43.90	1.97	66.39	3.82
	Sebha	Alt: 432m 27.0N; 14.26E	43.90	-0.93	48.60	3.55
	Koufra	Alt: 417m 24.21N; 23.3E	41.08	01	33.29	2.47

L'infiltration est définie comme un input selon le model de l'ASHRAE [5]. On a supposé que les occupants pendant l'été, ouvrent les fenêtres les matins, et les soirs après 18 h.

Les apports gratuits dus aux équipements (réfrigérateur, cuisinière, TV, Ordinateurs) ont été considérés, ainsi que les apports dus à l'éclairage artificiel qui sont pris égaux à 350 Watts.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats sont obtenus pour les données météorologiques de chaque ville étudiée. Le logiciel utilisé est le TRNSYS (TRaNsient SYstem Simulation Program) Ver. 16 qui a l'avantage de disposer d'un grand nombre de modules représentant les composants de systèmes thermiques courants, mais également de sous programmes et de gestion de bases de données, ainsi qu'un module de bâtiment.

Pour bien comprendre le comportement thermique de chaque construction, nous avons fait un classement des températures selon des intervalles, et on est arrivé à mettre en pourcentage le degré des heures dans chaque intervalle, comme c'est indiqué dans la figure 2.

Les résultats de la simulation montrent que la maison à patio reste plus efficace pour pallier le problème de la chaleur pour les climats chaud. Nous avons bien remarqué que chaque chambre constitue une zone thermique distincte.

La figure 2 montre pour la ville de Béchar, que pour la maison à patio, le nombre des heures où  $T > 34^{\circ}\text{C}$  est réduit de 550 à 206 par rapport à une maison type moderne avec un pourcentage de plus que 4 %. Même remarque que pour le nombre des heures dans l'intervalle  $32 < T < 34^{\circ}\text{C}$  avec un pourcentage de 2 %.

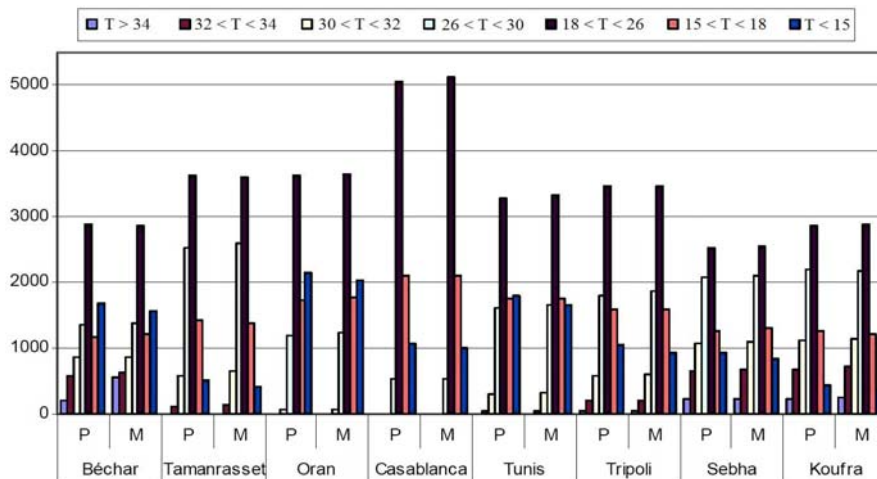


Fig. 2: Nombres des heures dans l'année, obtenue par classement des températures

Pour le comportement hivernal, les résultats montrent une situation d'inconfort pour ce type de construction. Nous avons constaté un pourcentage de 19.03 % des heures où la température est inférieure à  $15^{\circ}\text{C}$  ( $T < 15^{\circ}\text{C}$ ), ce qui correspond à deux mois de

froid. En effet, même que si l'hiver est très court, il peut être très rigoureux. Une augmentation d'un pourcentage de 1.5 % par rapport à la construction type moderne était enregistrée, mais nous avons observé la température minimale pour le type construction moderne pour toutes les autres villes étudiées.

On a remarqué des températures très basses pour le mois de Mai, cette température arrive au dessous de 13.4 °C. Pour les mois de Mars et Avril, la température peut atteindre 26 °C, mais les nuits restent très fraîches, la température nocturne se balance entre 12 à 9.57 °C, par contre la température extérieure atteint facilement -0.7 °C. La différence de température entre l'extérieur et l'intérieur est de l'ordre de 9 à 14°C les nuits.

Pour la ville de Tamanrasset, nous n'avons pas observé une grande différence entre les deux constructions. En effet, une légère diminution de l'ordre de 1.20 % est remarquée pour les cas ( $30 < T < 32^{\circ}\text{C}$ ) et ( $26 < T < 30^{\circ}\text{C}$ ). Une augmentation de 1% dans les nombres des heures où la température est inférieure à 15°C.

La ville de Tamanrasset présente un climat différent de celui de la ville de Béchar. En effet, même si elle se situe dans l'extrême Sahara, elle se situe à une altitude de 1733m, ce qui lui permet d'avoir un climat modéré et moins dur que le climat saharien.

Pour la ville d'Oran, qui présente un climat méditerranéen tempéré, on a remarqué que la maison à patio présente un comportement thermique assez similaire que le type de construction moderne étudié. Nous avons enregistré seulement deux heures dans l'année pendant lesquelles la température est supérieure à 32 °C, ce qui n'est pas dans le cas moderne.

Un pourcentage un peu élevé concernant les heures, où la température est inférieure à 15 °C, est enregistré pour ce type traditionnel, de 104 heures, ce qui correspond à 4 jour et 12 heures. Toutefois, les nombres des heures de confort (température située entre 26 et 30 °C) reste le même pour les deux type de construction. La température minimale est observée pour le type moderne où elle atteint 8.33 °C.

Concernant la ville de Casablanca, nous remarquons que le comportement thermique des deux type de construction est presque le même. La température maximale est enregistrée pour la maison à patio, tandis que celle minimale est enregistrée pour la construction type moderne.

Cependant pour la ville de Tunis, en été, les deux constructions présentent des résultats semblables, alors que pour l'hiver la construction type moderne donne une réduction des heures pendant lesquelles la température est inférieure à 15 °C d'un pourcentage de 1.3 %.

Pour la Lybie, nous avons remarqué une légère amélioration dans les taux des heures où la température  $T > 34^{\circ}\text{C}$  et  $T > 30^{\circ}\text{C}$  pour les trois régions étudiées. Ces résultats étaient assez importants pour Koufra que Sebha, et pour Sebha que Tripoli.

La maison à patio participe, spécialement, à l'amélioration des conditions de confort pour les climats chaud.

Une des résultats les plus importants qu'on cherche à déterminer à partir de la simulation des trois maisons, est les besoins de chauffage et les besoins de refroidissement. Pour déterminer les besoins en chauffage et en refroidissement, nous avons supposé que le climatiseur est mis en marche, lorsque la température intérieure passe au dessus de 26 °C, et le chauffage est mis en route, lorsque la température intérieure passe en dessous de 18 °C.

La figure 3 donne les valeurs annuelles pour chaque construction: on remarque que la maison type moderne présente un besoin en refroidissement supérieur par rapport à l'autre construction traditionnelle, tandis que la demande pour le chauffage reste assez similaires pour les villes de Tamanrasset, Oran, Casablanca, Koufra. Elle atteint sa pointe pour la maison à patio pour la ville de Tunis, et la ville de Béchar.

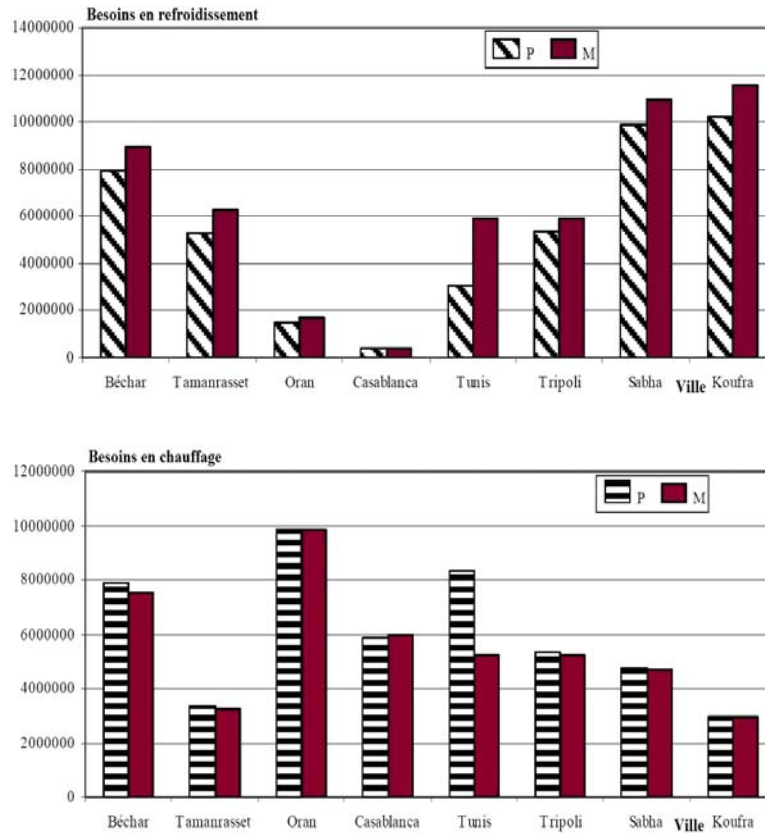


Fig. 3: Besoins annuels de refroidissement et de chauffage

#### 4. CONCLUSION

Les techniques de conditionnement passives s'imposent ces dernières années en raison de la politique de protection de l'environnement et d'économie d'énergie. La multiplication des bâtiments intégrant ces systèmes entraîne un renforcement des travaux de recherche. Nombreux concepteurs s'attachent aujourd'hui au développement de systèmes répondant aux exigences de qualité de l'air et de confort intérieur et en adéquation avec la politique d'économie d'énergie.

En partant de systèmes traditionnels qui ont fait leurs preuves au fil du temps, nous avons voulu montrer la nécessité d'étudier les solutions qu'ils offraient au problème du conditionnement et de la protection de l'environnement. Cela dans le but de retenir leurs meilleurs éléments, de les améliorer et de les faire évoluer, grâce à l'apport des acquisitions de la science et d'un certain type de technologie.

La maison à patio adresse les problèmes très controversés: des densités de plus en plus importantes, l'obtention d'une reconnaissance socioculturelle à travers la rétention des qualités inhérentes aux bâtiments de 1 aux 3 étages, ainsi qu'aux unités d'habitations de basses densités et l'accomplissement d'une soutenabilité, d'une façon assez efficace avec au moins une cour intérieure individuelle pour chaque unité d'habitation.

En plus de bâtir à une plus haute densité, ce type de maison apporte des qualités, telles que: la relation au sol, la sécurité, la territorialité, l'identification du logement, l'image de la maison, la personnalisation, l'adaptions à des différents styles de vie, la création d'espace extérieurs privés et la possibilité de surveiller les enfants. Ces qualités sont rarement trouvées dans d'autres typologies de logement avec des densités semblables.

Sur le plan thermique, on peut dire que le patio est l'un des éléments d'une conception bioclimatique qui joue de concert avec les autres éléments pour réaliser un confort de qualité dans un logement, et aussi dans cet espace ouvert mais privatif que constitue l'aire même du patio.

## REFERENCES

- [1] N. Ghrab-Marcos, '*Analyse et Simulation du Comportement Thermique des Structures Architecturales vis-à-vis des Apports Solaires*', Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de Tunis, 1991.
- [2] B. Zeghondy, '*Etude du Couplage Thermo-Aéroulque d'un Bâtiment- Application à la Ventilation Naturelle des Locaux*', DEA: Génie Civil, Leptab, Université de La Rochelle, 2002.
- [3] N. Fezzioui et M. Benyamine, '*Maison à Patio: Réponses aux Exigences Sociologiques, Culturelles et Thermiques*', Conférence Internationale: Médina: Tissu Urbain à Sauvegarder, Tlemcen, 13-14 Mai 2008.
- [4] TRNSYS, Version 16, '*User Manual*', Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison.
- [5] ASHRAE, '*Fundamentals*', American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 1997.