

Etude du comportement aéraulique des maisons à ouverture zénithale

FEZZIOUI Naïma^{1*}, DRAOUI Belkacem², Roulet Claude-Alain³

¹Laboratoire de mécanique de structures, LMS, université Tahri Mohamed, Béchar

²Laboratoire d'Energétique en Zones Arides ; ENERGARID université Tahri Mohamed, Béchar

³École Polytechnique Fédérale de Lausanne EPFL

*Contact: naifez@gmail.com, phone +213-49-238984

Abstract—En été et dans un climat chaud et sec ; comme celui des villes du sud algérien, c'est quasiment insupportable de rester dans un bâtiment sans utilisation de climatisation, ce qui a été montré par des études expérimentales et numériques. Dans les régions sahariennes des pays maghrébin, le climat est le plus souvent chaud et aride, avec un hiver très court froid et sec. Les modes de constructions traditionnels réalisent 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 et des modes de chauffage simples permettant de traverser la période froide. La maison à patio couvert, est un type de maison traditionnel très répondu dans le Ksar de Kenadsa. Dans ce travail, nous tentons par une simulation numérique, à l'aide du logiciel de simulation thermique TRNSYS couplé au logiciel aéraulique COMIS, d'examiner le comportement de aéraulique de ce type de maison ainsi que son influence sur la qualité de l'air et sur le confort thermique de dans un climat désertiques. Les résultats de la simulation ont montré l'insuffisance de l'ouverture horizontale seule de dimension de 1X1m² d'assurer une bonne qualité de l'air.

I. INTRODUCTION

En été et dans un climat chaud et sec ; comme celui des villes du sud algérien, c'est quasiment insupportable de rester dans un bâtiment sans utilisation de climatisation, ce qui a été montré par des études expérimentales et numériques [1] [2]. Il y a des années les gens de la région utilisaient les climatiseurs surtout pendant la sieste et la nuit et certain entre eux passaient leur nuits sur les terrasses de leur maisons. Par contre, on remarque cette dernière décennie une utilisation prolongée des climatiseurs. Dans les régions sahariennes des pays maghrébin, le climat est le plus souvent chaud et aride, avec un hiver très court froid et sec. Les modes de constructions traditionnels réalisent 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 et des modes de chauffage simples permettant de traverser la période froide.

La maison à ouverture zénithale (maison à patio couvert), ou comme l'appelle les gens des ksour de sud-ouest 'Ain Eddar' constitue une majorité des demeures modestes et

correspond aux classes moyennes des maisons traditionnelles dans ses Ksour [3], [4]. Plusieurs travaux se sont intéressés à l'étude de des maison à patio sur le plan thermique et énergétique pour différents types de climat en examinant l'effet de certains paramètres, telle que l'effet de l'ombre mutuelle des ailes des galerie[5] et[6], dimensions des ouvertures[7], leur forme[8] et [9], et leur conception[10]. Dans notre travail nous nous sommes intéressés à l'étude du comportement aéraulique d'une maison à patio couvert : maison Ain Eddar, situé dans le Ksar de la ville de Kenadsa ainsi que son influence sur la qualité de l'air et sur le confort thermique.

II. DESCRIPTION DE LA MAISON ÉTUDIÉE

La maison que nous avons choisi d'étudier, représentative de la maison "Ain Ed dar « est présenté sur la figure 1. Le tableau I donne la composition des parois de la maison étudiée.



Fig. 1 Description de la maison étudiée

Tableau I
Description de la maison étudiée

Matériaux de construction		
PAROI	Constitution (de l'intérieur vers l'extérieur)	Epaisseur
MUR EXTERIEUR/MUR INTERIEUR	Mortier de chaux	2 cm
	Brique de terre	40cm
	Mortier de chaux	2cm
TOITURE	Stipe de palmier/ nervures de palmier	10cm
	Sable argileux	20cm
	Mortier de chaux	2cm
PLANCHER BAS SUR TERRE-PLEIN	Carrelage	3cm
	Sable	2cm
	argile	8cm
	Pierre	40cm

III. SIMULATION NUMÉRIQUE

La simulation numérique de la maison étudiée est menée à l'aide du logiciel TRNSYS [11] thermique couplé au logiciel de simulation aérodynamique COMIS. Cependant le logiciel COMIS ne modélise pas les ouvertures horizontales. [12] et [13] contiennent des apports récents aux recherches sur les débits d'air dans les grandes ouvertures horizontales. La plupart des recherches sur les grandes ouvertures horizontales donnant à l'extérieur se font avec des modèles réduits ou des mesures en laboratoire avec des différences de température, mais sans examiner les effets du vent. Blomqvist mentionne que le débit d'air par tirage dans les ouvertures horizontales est environ le tiers de celui au travers des mêmes ouvertures verticales de même taille et sous les mêmes conditions.

Blomqvist propose une formule simplifiée pour ces débits:

$$q_e = C_e \cdot (g' \cdot \sqrt{A})^{0.5} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Où A est l'aire de l'ouverture et C_e est un coefficient déterminé par l'expérience. g' est l'accélération de la pesanteur réduite selon :

$$g' = g \cdot \Delta\rho / \rho = g \cdot \Delta T / T \quad (\text{m/s}^2)$$

[Li 2007] a mesuré des débits de $Q_e=127.5, 136.6, 125.4, 107.3$ (m³/h) dans une ouverture horizontale de 0.8 m² à 10K de différence de température ce pour un L/D entre 0.443 et 1.108.

$$\text{à } T=300 \text{ K, } g' = 0.327 \text{ et } C_e = \frac{Q_e}{3600 \cdot (g' \cdot \sqrt{A})^{0.5}} = \frac{Q_e}{1841}$$

Ceci donne $C_e=0.058 \dots 0.074$, soit une valeur médiane de 0.065. L'équation III.32 devient alors:

$$q_e = 0.065 \cdot (g' \cdot \sqrt{A})^{0.5} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Cette équation est exploitée dans notre étude afin de modéliser les débits d'air à travers les ouvertures horizontales.

Afin de vérifier la fiabilité de notre modèle, Notre choix est porté sur le travail de [14] , [15].

Pour les calculs des pressions dues au vent, coefficient C_p qui constitue un élément très important et donc sur la précision des résultats aérodynamiques, notre choix s'est porté sur le code « CP GENERATOR » [3].

IV. RÉSULTAT ET DISCUSSION

Le tableau II donne les horaires de ventilation naturelle pour cette situation.

Tableau II
Scénarii d'ouvertures des ouvertures de la maison type « AD ». L'ouverture zénithale « AD » est ouverte en permanence.

Cas	Période	Fenêtres		Portes	
		Ouvertes	Fermées	Ouvertes	Fermées
A1	Eté	0-24		10-18 à 50% et 18-10 à 100%	
	Hiver	11 – 16 à 50%	16-11	10-18 à 50%	18-10
A2	Eté	18-13	13-18	18-13 à 50%	13- 18
	Hiver	11 – 16 à 50%	16-11	10-18 à 50%	18-10
A3	Eté	13-18à 10% et de 13–18 à100%		18-10 à 50%	10- 18
	Hiver	11 – 16 à 50%	16-11	10-18 à 50%	18-10
A4	Eté		0-24		0-24
	Hiver	11 – 16 à 50%	16-11	10-18 à 50%	18-10

Nous désignons par : Z1, Z2, Z3 Z4 les chambres de la maison qui entourent le patio (figure 1)

Z7 : c'est le patio couvert, ou centre de la maison

Z6 : Skifa

AD : la maison à ouverture zénithale

Les simulations sont effectuées en utilisant les données météorologiques de la ville de Kenadsa issu de la base de données Meteororm [3].

Les figures 2 et 3 représentent les débits d'air en m³/h extérieur volontaires ou involontaires dans la maison pendant quatre jours du mois de Janvier et quatre jours du mois de Juillet. Nous remarquons que ces deux figures illustrent une large fluctuation de débit d'air extérieur dans la zone Z7 où un taux de renouvellement d'air de l'ordre de 5.62 volume/heure est atteint en hiver tandis que ces débits sont de valeur quasiment nulles dans les autres zones alentour du patio (Z7) où un maximum de 0.09 volume/heure est enregistré, ces valeurs correspondent au flux d'air parasite qui s'infiltrant au travers de l'enveloppe par les fissures sous l'action de la pression du vent en admettant que les bâtiments dans la ville de Kenadsa, y compris ceux traditionnelles construite en adobe, sont nettement plus perméable à l'air non à cause des joints entre les cadre des portes et fenêtre qui ne sont pas sur les murs extérieur dans ce type étudié [3].

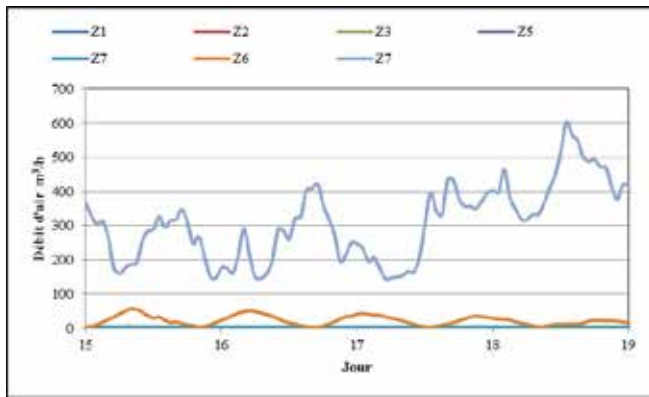


Fig. 2 Débit d'air extérieur dans la maison AD du 15 au 18 Janvier, horaire de ventilation A1

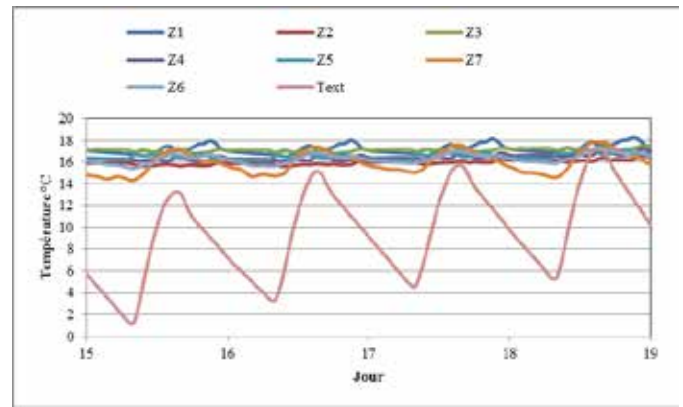


Fig. 4 Température dans la maison AD : en haut du 15 au 18 Janvier ; en bas du 14 au 17 Juillet, horaire de ventilation A1

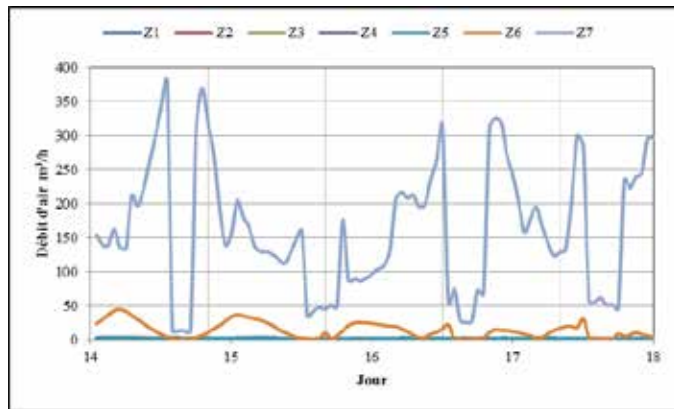
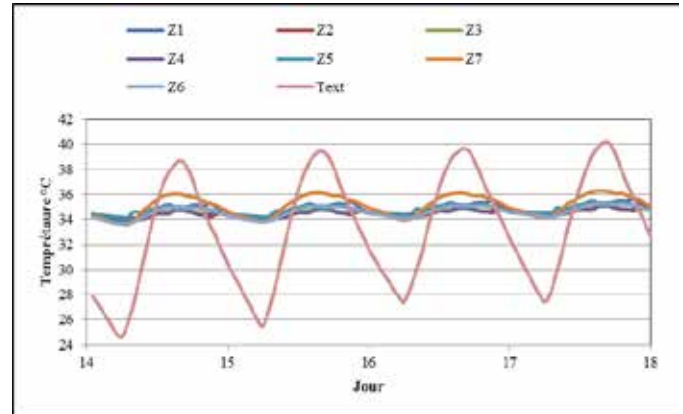


Fig. 3 Débit d'air extérieur dans la maison AD du 14 au 17 Juillet, horaire de ventilation A1



Ces débits dans la zone Z7 sont beaucoup plus variables en été qu'en hiver ; en fait, comme le montre la figure 4, la température de la zone Z7 est toujours élevée que celle de l'extérieur pendant les jours froids de l'hiver ce qui donne un facteur d'ouverture égal à 1, ce qui n'est pas le cas en été. Les températures nocturnes estivales sont confondues et supérieures à celles de l'extérieur avec un écart important compris entre 9°C à 6°C ; on peut dire que les débits d'air extérieurs par l'ouverture horizontale « AD » sont insuffisants pour une bonne ventilation naturelle nocturne. La variation de la température de la zone Z7 est plus visible le jour, elle est provoquée par le débit d'air de l'ouverture AD et les débits d'air parasite provenant de la zone Z6 figure

Les figures 5 et 6 donnent plus de détail sur les fréquences de ces débits d'air en été pour les horaires de ventilation A1 décrits dans le tableau II. En été, les débits d'air dans Z7 se présentent sous des fréquences allant de 2% à 12%. Les fréquences les plus élevées coïncident à des débits faibles qui oscillent autour de 35m³/h correspondant aux températures plus froides que l'extérieur, ce qui est le caractère d'une LHO. Les débits d'air extérieurs supérieurs enregistrés dans la zone Z7 de l'ordre de 700m³/h ne présentent que 1.5% de la période d'été.

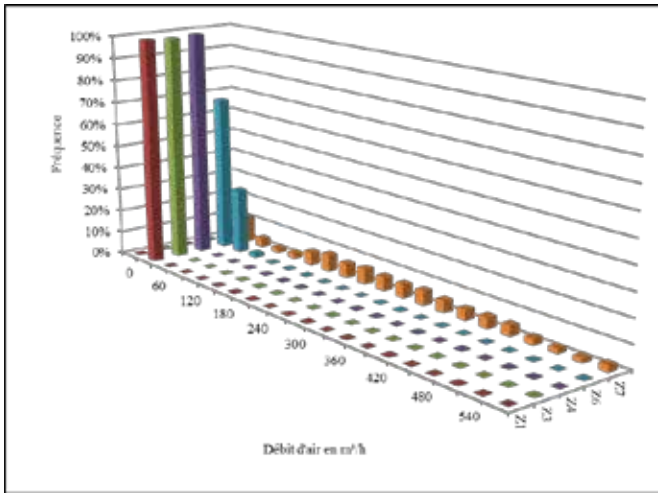


Fig. 5 Fréquence des débits d'air extérieur dans cinq zones d'AD pour l'été, horaire de ventilation A1

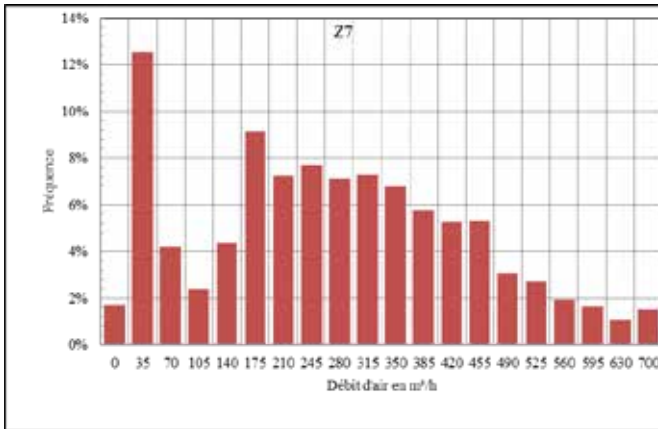


Fig. 6 Fréquence des débits d'air extérieur dans la zone Z7 d'AD pour l'été, horaire de ventilation A1

Dans les figures 7, 8, et 9 nous avons tracé les débits d'air dans les zones de la maison AD en fonction de la différence de température intérieur-extérieur. Pour les zones 1, 3 et 4, on voit clairement une relation de base où le débit est proportionnel à cette différence, et des points au-dessus lorsque le débit est augmenté par le vent. Dans la zone 7, il y a deux nuages de points : un qui se comporte un peu comme les autres zones : une relation de base où le débit est proportionnel à cette différence, et des points au-dessus lorsque le débit est augmenté par le vent, et un nuage à bas débit et différences de température entre -5 et +5, et situé en-dessous de la relation de base. En effet, si la différence de température est négative le débit dépend exclusivement du vent, et cette partie du nuage est compréhensible. Par contre, lorsque la différence de température est positive et assez grande, on retrouve la relation de base entre le débit et la différence de température, les débits plus élevés étant dus au vent.

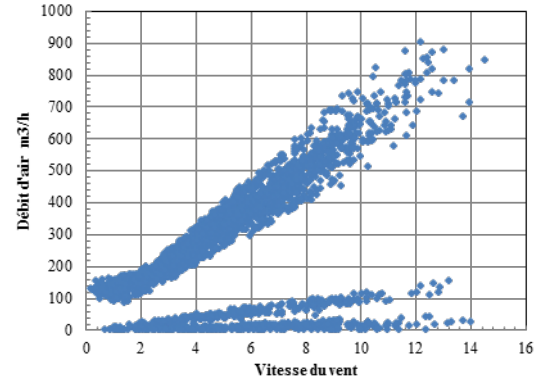
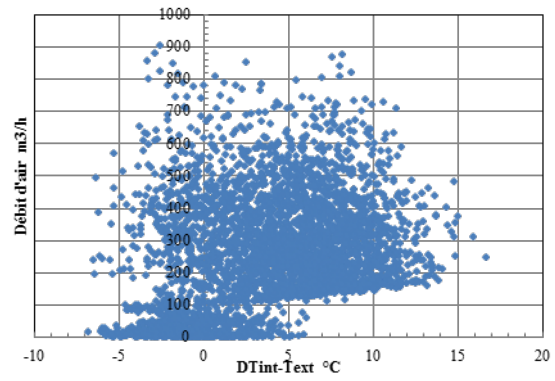
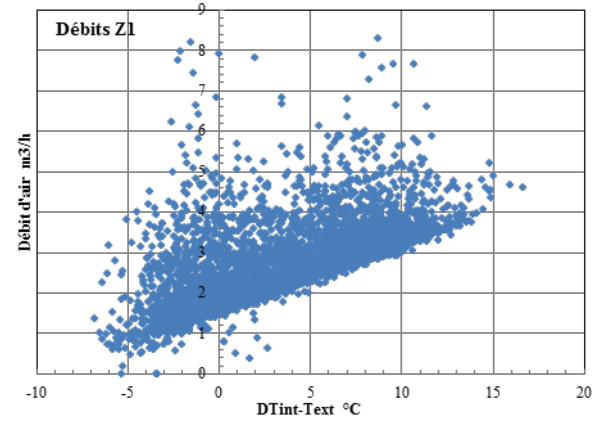


Fig.7 Débits d'air extérieur dans la zone Z7 : en haut en fonction de la différence de température intérieur-extérieur ; en bas en fonction de la vitesse du vent



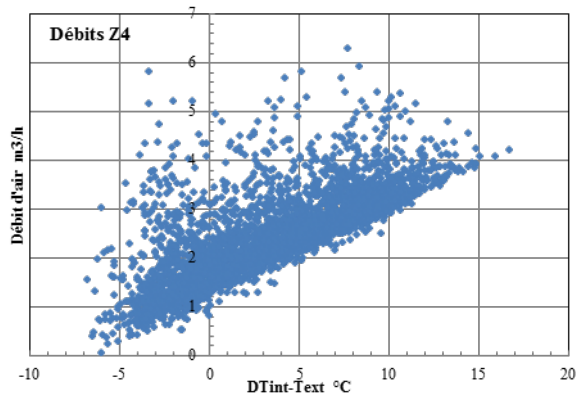
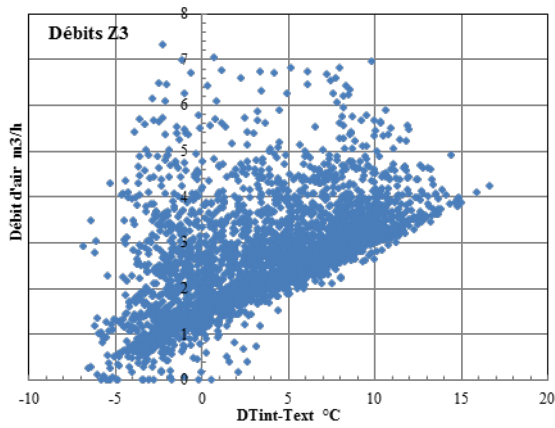


Fig. 8 Débits d'air extérieur dans les zones Z1, Z3 et Z4 en fonction de la différence de température intérieur-extérieur

La porte de skifa est maintenue fermée durant ces simulations, cette zone présente aussi des débits d'une amplitude qui varie suivant les conditions météorologique (figure 2) et des valeurs maximales de l'ordre de $100 \text{ m}^3/\text{h}$ sont enregistrées.

La figure 9 à gauche donne l'évolution des débits d'air parasite issu des infiltrations dans la Skifa en fonction des vitesses du vent, et dans celle du droite nous avons tracé ces débits d'air en fonction de la différence de température intérieur-extérieur. Cette figure montre bien que le débit d'air n'est pas corrélé à la vitesse du vent (donc aux C_p !!), et que d'autres influences (direction du vent bien sûr mais aussi température et comportement des occupants) sont très importantes. On voit que, pour cette zone la température a plus d'effet (le débit augmente en moyenne avec la température) que le vent. Ce n'est pas le cas avec Z7, où le vent a plus d'influence (voir Figure 7).

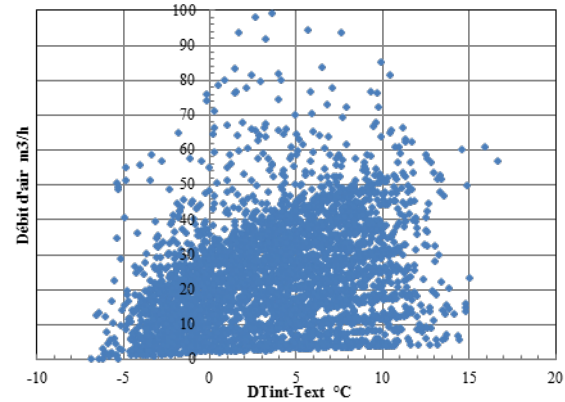
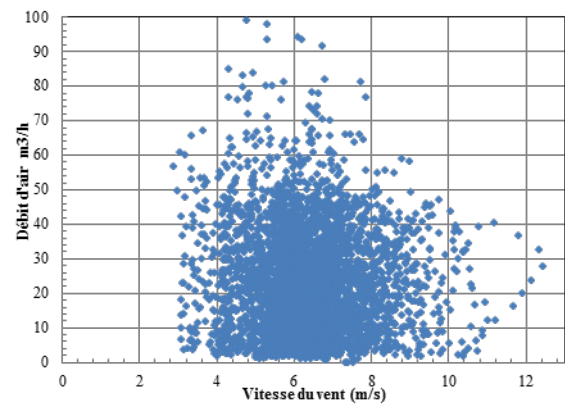


Fig. 9 Débits d'air extérieur dans la zone Z6 en haut en fonction de la vitesse du vent ; en bas en fonction de la différence de température intérieur-extérieur

Les figures 10 et 11 présentent, respectivement, l'évolution de débit interzonal et la différence de température entre la zone Z7 et les autres zones de la maison type AD pendant quatre jours d'hiver suivant les horaires de ventilation A1. Ces deux gradeurs évoluent de manière analogue dans l'ensemble. Le débit interzone joue un rôle important dans le comportement global de ce type de maison sans ouvertures sur l'extérieur ; l'ouverture zénithale est la seule source de l'air ! Son taux de transfert est sensiblement proportionnel à la racine carrée de la différence de température entre la zone Z7 et chaque zone. En fait, les déséquilibres en masse d'air sont très faibles dans les bâtiments, car pour cela, il faut que l'air soit comprimé ou détendu. Les tempêtes peuvent causer des différences de pression entre l'intérieur et l'extérieur de 100 Pa , et la pression atmosphérique est de $100'000 \text{ Pa}$. Donc le taux de compression est de 1 pour mille dans le pire des cas, ce qui peut entraîner des déséquilibres de masse de 1 pour mille aussi.

Un changement de température rapide, peut aussi entraîner un déséquilibre momentané. Du bilan de masse. Si je prends son exemple de 30 degrés heure dans une pièce de 60 m^3 (par exemple une de zones) on aurait un déséquilibre de $10\% * 60 \text{ m}^3/\text{h} = 6 \text{ m}^3/\text{h}$ ou environ $7 \text{ kg}/\text{h}$. Une fraction de degré suffit pour faire mouvoir beaucoup d'air par une porte ouverte.

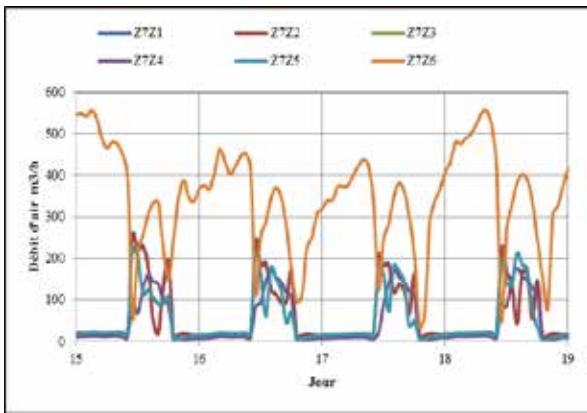


Fig. 10 Débit d'air provenant de la zone Z7 vers les autres zones du 15 au 19 Janvier fenêtres, horaire de ventilation A1

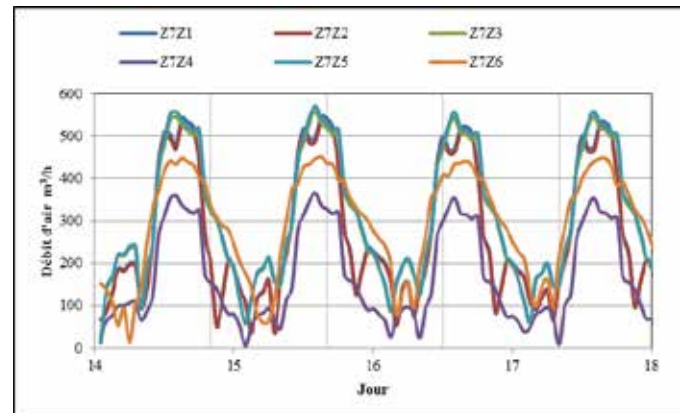


Fig. 12 Débit d'air provenant de la zone Z7 vers les autres zones de la maison AD du 14 au 17 Juillet, horaire de ventilation A1

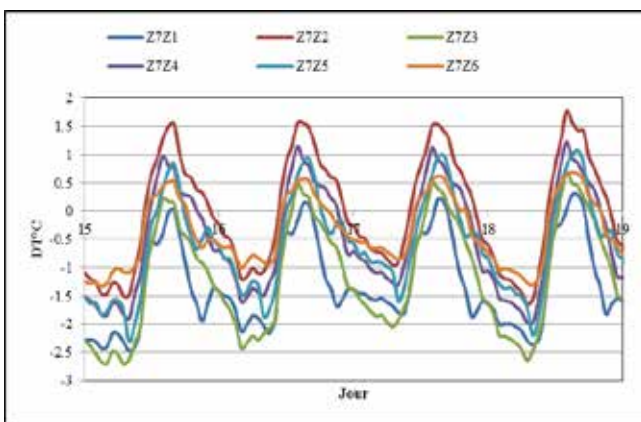


Fig. 11 Différence de température entre la zone Z7 et les autres zones du 15 au 19 Janvier, horaire de ventilation A1

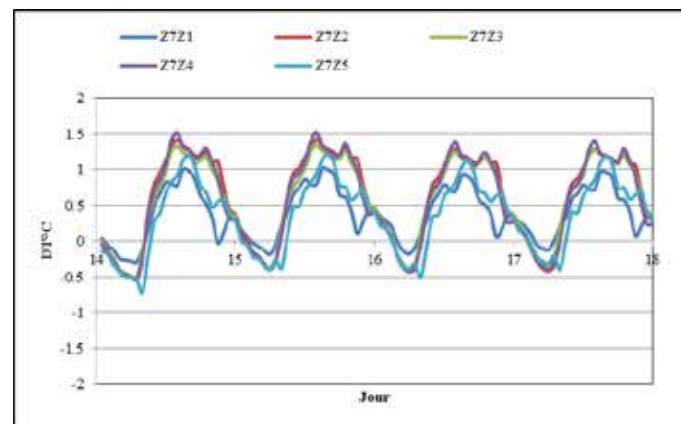


Fig.13 Différence de température entre la zone Z7 et les autres zones du 14 au 17 Juillet, horaire de ventilation A1

Les débits d'air interzones sur la figure 12 pour la période estivale, entre la zone Z7 et les zones Z1, Z2, Z3 et Z5 donnent des courbes aux allures semblables qui ne dépassent pas les $600\text{m}^3/\text{h}$. Toutefois ces débits provenant de Z7 vers la zone Z4 à travers la porte sont relativement faibles cela est dû au fait que cette zone ne possède pas de fenêtre donnant sur Z7 donc moins de connexions aérauliques. Le transfert d'air entre la zone Z7 et la zone Z6 reste inférieure à celui avec les autres zones, contrairement à ce qu'on a vu pour la période hivernale ; en effet en hiver les portes et les fenêtres sont ouvertes à moitié : de 11 à 16h pour les fenêtres et de 10 à 18 h pour les portes (tableau II/ A1) donc moins de surfaces d'échange.

La figure 13 donne l'évolution de la différence de température entre la zone Z7 et les autres zones. Ces courbes présentent une variation, à amplitude presque constante, similaire à celle des débits interzonaux. Le calcul des écarts de températures fait apparaître des valeurs négatives correspondant aux heures de nuits et du bon matin où la zone Z7 est plus froide. Ce qui a engendré les faibles débits échangés de l'ordre de $9\text{m}^3/\text{h}$. A titre d'exemple, nous avons tracé l'évolution du débit Z7Z1 et la différence de température Z7Z1 en fonction du temps, pendant quatre jours d'été.

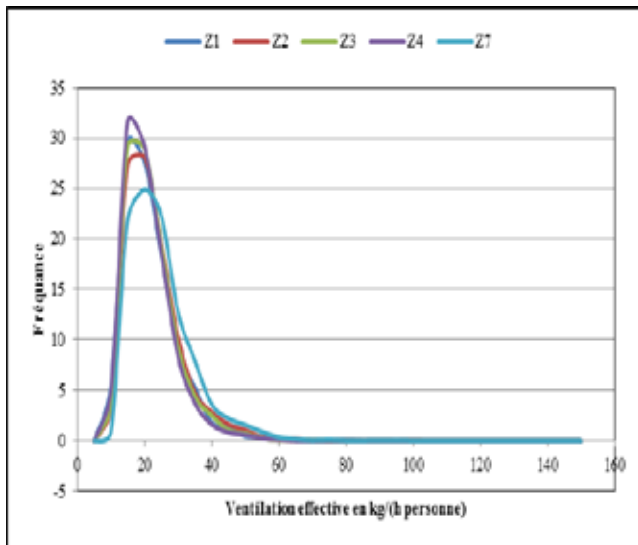
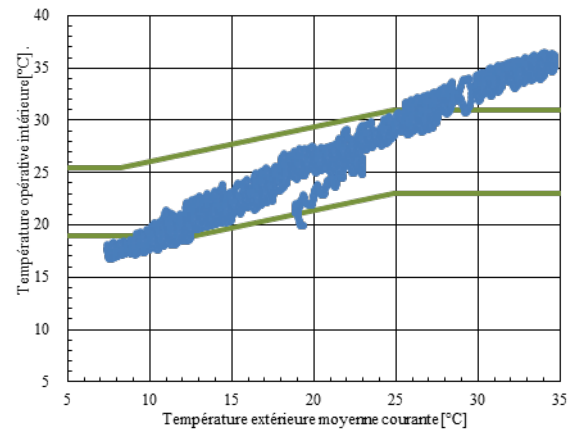


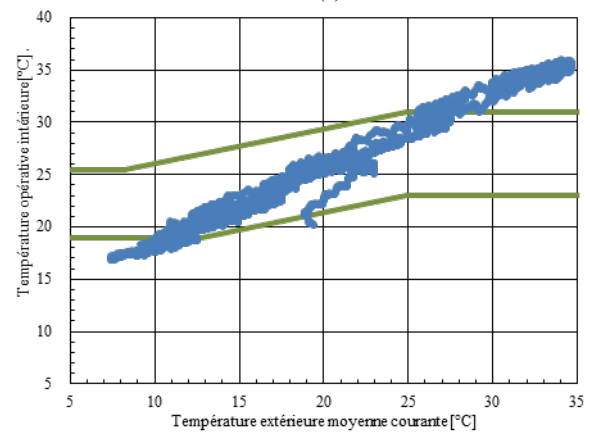
Fig. 14 Fréquence de la ventilation effective par personne dans quatre zones d'AD et dans Z7 pour l'été, horaire de ventilation A1

La figure 14 présente la fréquence de la ventilation effective par personne (la ventilation effective calcule la quantité d'air qui serait nécessaire avec la source de polluant donnée, qui donnerait la même concentration qu'observé ou simulé, mais dans une chambre ventilée avec de l'air pur bien mélangé à l'air ambiant) dans les quatre zones de la maison AD et dans la zone Z7. La fréquence dans les zones Z1 à Z4 a presque la même allure avec des écarts qui varient légèrement mais elle est un petit peu différente pour la zone Z7. La ventilation effective dans cette dernière est en baisse, elle atteint 160 kg/(h personne) mais avec des fréquences très faibles qui se perçoivent à partir de la valeur 45 kg/(h personne). Ces résultats montrent que cette maison n'est pas aérée suffisamment; il ressort que pendant 10% à 30% du temps, cette ventilation dans les zones est égale ou supérieure à la valeur nominale 10 kg/h par personne. En effet, 10 à 20 kg/h par personne commencent à suffire à aérer une personne, c'est-à-dire à évacuer les polluants (CO₂, odeurs, humidité) qu'elle produit [Roulet, 2010]. Le document DTR fixe, dans le tableau 6.3 [DTR C3-4, 1998], une valeur minimale 15m³/h (17.4 kg/(h personne)) comme débit minimal d'air neuf à introduire dans pièces à usage individuel. Ainsi pour 30% du temps cette ventilation est 15 kg/(h personne) dans les zones Z1, et Z3, et pour cette même valeur une fréquence de temps de 28% obtenue dans la zone Z2. Dans la zone Z4 la fréquence de ventilation effective de base (10 kg/(h personne)) est de 5% et celle de valeur de point (50 kg/(h personne)) est de 0.56%.

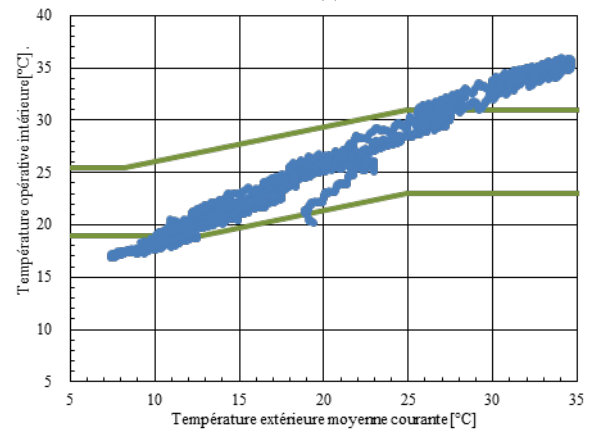
Le tableau III résume les résultats thermiques de cette situation. Elle donne les heures annuelles d'inconfort, le pourcentage du confort selon EN 15251 [16] ainsi que les températures maximale et minimale atteintes dans chaque zone pendant une année. La température maximale la plus élevée est enregistrée dans la zone Z7 avec une valeur de 37.11°C. La zone Z1 se présente comme la chambre la plus chaude en été mais avec un confort hivernale meilleur par rapports à celui dans les autres pièces. Les zones Z2, Z3 et Z4 présentent des températures maximales identiques, mais des heures d'inconfort estivales qui diffèrent.



(a)



(b)



(c)

Fig. 15 Températures opératives horaires des zones : (a) Z1 ; (b) Z3 ; (c) Z4 d'AD (représentées par des points bleus) comparées aux limites de confort adoptées (lignes vertes)

Tableau III Heures annuelles d'inconfort et pourcentage de confort pour maison type AD en Adobe

Zones	Tmax	Tmin	HC	HTF	%C	%MC
Z1	36.46	16.70	2481	1162	58.41	53.85
Z2	35.90	15.61	2300	1908	51.96	
Z3	35.92	16.88	2409	1293	57.74	
Z4	35.96	16.00	2330	1654	54.52	
Z5	36.19	16.12	2487	1624	53.07	
Z7	37.11	14.08	2569	1907	48.90	
Z6	36.13	15.41	2388	1789	52.32	

D'après la figure 15 (qui n'est qu'une autre illustration du tableau III pour les zones Z1, Z3 et Z7 à titre d'exemple) on peut voir qu'en été, les températures intérieures pour ces zones examinées se situent en dehors de la zone de confort, et que le nombre des heures trop chaudes est très important ; on peut l'estimer à plus de 3 mois d'heures très chaudes. Ce type de construction, et avec cette situation examinée (situation 1) montre bien l'incapacité de la ventilation naturelle atteignable, surtout celle nocturne, d'atténuer la température estivale. Cependant, et toujours sur la figure 15 et le tableau III, on remarque qu'il fait souvent froid l'hiver, mais ces températures basses ne descendent pas en dessous de 16°C (15.61°C pour la zone Z2). Donc on a 3°C d'inconfort qui peut être supporté, sachant que la limite inférieure d'inconfort a été fixée à 19°C. Utilisation des couvertures ou couettes peut remédier à cet inconfort, le chauffage n'est pas indispensable.

Pour les mois Mars, avril mai, octobre et novembre, la situation est favorable, les températures intérieures observées dans les différentes zones sont dans les limites du confort sauf quelques heures froides enregistrées les nuits du mois de mars et novembre.

V. CONCLUSION

Dans ce travail nous avons présenté les résultats de la simulation numérique d'une maison à ouverture zénithale située dans la ville de kenadsa, come ville représentative de climat chaud et sec du sud algérien, en se focalisant sur la ventilation naturelle par l'ouverture horizontale, élément architectural qui a constitué jadis une des stratégies traditionnelles adapté au climat de la région d'étude.

Nos simulation, réalisée par le logiciel TRNSYS couplé à COMIS, ont été effectuée tout en supposant que l'ouverture horizontale est la seule ouverture qui donne sur l'extérieur (notre maison simulée sans cage d'escalier, sans ouvertures d'aérations dans les chambres et en maintenant la porte de skifa fermée). Nous voulons par cette proposition examiner le potentiel de cette ouverture dans l'amélioration du confort thermique et la qualité de l'air dans ces édifices.

La conception de la maison conjuguée à la bonne inertie de l'adobe, ont engendré un pourcentage de confort de 54% avec des températures maximale ne dépassant pas les 36.5°C l'été et des heures froides avec une température minimale moyennes de 15.78°C qui est facile à remédier.

Les débits d'air obtenu dans les différentes pièces de la maison ont montré que Ce type de maison présente un faible potentiel de ventilation. L'ouverture horizontale seule donc avec les dimensions qu'on choisit 1X1 m² demeure insuffisante d'assurer une bonne qualité de l'air.

REFERENCES

- [1] S. Ezzeldin, S. Rees et M.Cook; Performance of mixed-mode cooling strategies for office buildings in arid climate. Eleventh International IBPSA Conference Glasgow, Scotland July 27-30, 2009
- [2] F.F. Al-ajmi, and D.L. Loveday, " Indoor thermal conditions and thermal comfort in air-conditioned domestic buildings in the dry-desert climate of Kuwait", Building and Environment 45 (2010) 704–710
- [3] N. FEZZIOUI , Analyse et Caractérisation du Bilan d'Energie d'un Habitat Traditionnel 'région Sud-Ouest ',These de doctorat en science, Université Tahri Mohamed, Bechar, Algérie
- [4] A. BARKANI, « Logique et mode d'organisation de l'espace ksourien. « étude de l'entité de dwirfât au sein du ksar de kenadsa ». Mémoire de magistère, université de Béchar, 2011
- [5] A.S Muhaisen," Shading simulation of courtyard form in different climatic regions", building and environment, Building and Environment 41 (2006) 1731–1741
- [6] M. Baran, M.Yildirim, A.Yilmaz, " Evaluation of ecological design strategies in traditional houses in Diyarbakir", Turkey. Journal of Cleaner Production 19 (2011) 609e619
- [7] S.S Müjgan, Z.G Gülay;" Evaluation of traditional architecture in terms of building physics: Old Diyarbakir houses", Building and Environment 42 (2007) 1810–1816
- [8] A.Tablada, F. De Troyer, B. Blocken, J.Carmeliet, H.Verschure; "On natural ventilation and thermal comfort in compact urban environments – the Old Havana case"; Building and Environment 44 (2009) 1943–1958
- [9] S. Berkovic, A. Yezioro et A.Bitau; "Study of thermal comfort in courtyards in a hot arid climate". Solar Energy, 86: 1173–1186. 2012
- [10] M. Malekzadeh et D. L.Loveday;" Towards the integrated thermal simulation of indoor and outdoor building Spaces". Proceedings of Conference: Air Conditioning and the Low Carbon Cooling Challenge, Cumberland Lodge, Windsor, UK, 27-29 July 2008.
- [11] TRNSYS version 16, User Manual. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin- Madison. 2005
- [12] C. Blomqvist, "Distribution of Ventilation Air and Heat by Buoyancy Forces Inside Buildings An experimental study, KTH, University of Gävle, Sweden, 2009."
- [13] Z. Li, "Characteristics of Buoyancy Driven Natural Ventilation through Horizontal Openings". Aalborg University, Denmark, 2007.
- [14] R. S. Priya, M.C. Sundarraja, S. Radhakrishnan, L. Vijayalakshmi, "Solar passive techniques in the vernacular buildings of coastal regions in Nagapattinam, TamilNadu-India – a qualitative and quantitative analysis; Energy and Buildings 49 (2012) 50–61
- [15] N. Fezzioui, B. Benyamine, B.Draoui, C. A. Roulet, "The traditional house with horizontal opening: a trend towards zero-energy house in the hot, dry climates"; SBE16 Tallinn and Helsinki Conference; Build Green and Renovate Deep, 5-7 October 2016, Tallinn and Helsinki
- [16] CEN, EN 15251 - Criteria for the indoor environment, including thermal, indoor air quality (ventilation), light and noise, 2006, CEN: Brussels