



Etude de l'influence des paramètres de ventilation naturelle sur la température intérieure d'un habitat

A.Kaddour¹, S.M.A. Bekkouche¹, B. Benyoucef², N. Benamrane¹

¹ Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, URAER, Centre Développement des Energies Renouvelables, CDER, 47133, Ghardaïa, Algérie

² Unité de Recherche Matériaux et Energies Renouvelables, URMER, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, 13000 Tlemcen, Algérie

¹kaddour.majid@gmail.com

Résumé— Une évaluation de la température de l'air dans un bâtiment multizone est effectuée dans cet article. C'est pourquoi, on utilise un ensemble déterministe de facteurs d'entrée comprenant entre autres, le climat, l'environnement local, les caractéristiques du bâtiment, les systèmes de construction, comportement des occupants et des charges thermiques. Nous avons trouvé que la solution optimale dépend dans une large mesure de la possibilité de l'optimisation de l'enveloppe extérieure de la construction, de la charge interne et du comportement des occupants, et dans une moindre mesure, de la conception du bâtiment notamment les ouvertures et le niveau d'infiltration d'air.

Mots-clés— Température, comportement des occupants, source de chaleur, ouverture.

I. INTRODUCTION

Une efficacité énergétique de façon beaucoup plus pour refroidir les bâtiments doit être trouvée, sinon, les questions de confort et de santé pourraient survenir [1]. Pour les bonnes conditions environnementales et climatiques, les bâtiments à ventilation naturelle peuvent être l'une des solutions d'obtenir un confort thermique tout en conservant une faible consommation d'énergie [2]. Ce potentiel d'économies d'énergie a déjà été évalué pour des conditions chaudes en utilisant l'outil CFD et une modélisation multi-zone [3]. En outre, les évaluations de la ventilation naturelle et le confort thermique ont été réalisés en tenant compte de la conception du bâtiment [4-5]. Il est possible donc d'optimiser la ventilation naturelle dans un bâtiment en changeant ses caractéristiques géométriques et de forme, les densités d'occupation, les sources de chaleur...etc. L'objectif de cette proposition est d'étudier certains paramètres déterminants qui peuvent affecter sensiblement le confort thermique (température intérieure) d'une maison quelconque.

II. REFERENCE THEORIQUE

Le bilan thermique sur l'air d'une zone d'un habitat est donné par [6] :

$$C_z \frac{dT_z}{dt} = \sum_{i=1}^{N_{ai}} \dot{Q}_i + \sum_{i=1}^{N_{surfaces}} h_i A_i (T_{si} - T_z) + \sum_{i=1}^{N_{zones}} \dot{m}_i C_p (T_{zi} - T_z) + \dot{m}_{inf} C_p (T_e - T_z) + \dot{Q}_{y,z}$$

Ce bilan dépend des charges internes de convection, du transfert de chaleur par convection avec les différentes surfaces de la zone, du transfert de chaleur dû à l'infiltration d'air ainsi que les systèmes à air s'ils existent.

Pour résoudre l'équation 1, un algorithme a été conçu en vue d'obtenir la température intérieure de la zone étudiée. La solution a été déjà déterminée par : [6]

$$T_z^t = \left(T_z^{t-\delta t} - \frac{\sum_{i=1}^{N_{ai}} \dot{Q}_i + \sum_{i=1}^{N_{surfaces}} h_i A_i T_{si} + \sum_{i=1}^{N_{zones}} \dot{m}_i C_p T_{zi} + \dot{m}_{inf} C_p T_e + \dot{m}_{y,z} C_p T_{y,z}}{\sum_{i=1}^{N_{surfaces}} h_i A_i + \sum_{i=1}^{N_{zones}} \dot{m}_i C_p + \dot{m}_{inf} C_p + \dot{m}_{y,z} C_p} \right) \times \exp \left(- \frac{\sum_{i=1}^{N_{surfaces}} h_i A_i + \sum_{i=1}^{N_{zones}} \dot{m}_i C_p + \dot{m}_{inf} C_p + \dot{m}_{y,z} C_p}{C_z} \delta t \right) + \frac{\sum_{i=1}^{N_{ai}} \dot{Q}_i + \sum_{i=1}^{N_{surfaces}} h_i A_i T_{si} + \sum_{i=1}^{N_{zones}} \dot{m}_i C_p T_{zi} + \dot{m}_{inf} C_p T_e + \dot{m}_{y,z} C_p T_{y,z}}{\sum_{i=1}^{N_{surfaces}} h_i A_i + \sum_{i=1}^{N_{zones}} \dot{m}_i C_p + \dot{m}_{inf} C_p + \dot{m}_{y,z} C_p} \quad (2)$$

Par conséquent, le débit d'infiltration, \dot{m}_{inf} peut être trouvé en utilisant le modèle efficace de surface de fuite sur la base de Sherman et al. [7]:

$$\dot{V}_{inf} = (F_{infiltration}) \frac{A_c}{1000} \sqrt{C_p |T_e - T_z| + C_w (S_{wind})^2} \quad (3)$$



III. PLAN DESCRIPTIF DE LA MAISON PROPOSEE

La superficie d'une maison mozabite ne dépasse pas, dans son ensemble, 100 m². Elle est composée de deux étages au plus et d'une terrasse. Une cour intérieure aérée et éclairée par une ouverture sur le ciel. La hauteur de chaque maison ne doit pas dépasser 15 m comme il est interdit de construire un mur obstruant la lumière du soleil au voisin. Une règle qui date de l'an 1743 et qu'on respecte scrupuleusement depuis.

La façade est considérée comme élément initial fondamental de la conception. De plus le terme est utilisé dans les expressions résumant la structure technique du mur à réaliser: façade lourde, façade légère, qui éloignent le terme de sa restriction à l'aspect de l'édifice. La partie des murs et autres supports concernés par cette vue depuis l'extérieur fait la plupart du temps l'objet d'une attention particulière de conception et de réalisation pour son aspect rendu, avant même l'apparition à la renaissance du mot façade.

Tout local à fonction de séjour doit disposer d'une fenêtre ouvrante ou d'une porte extérieure afin de pouvoir assurer une ventilation intensive, par exemple en vue de l'évacuation rapide d'odeurs et/ou de la chaleur en été. Ces ouvertures doivent pouvoir rester opérationnelles sans déformer la protection contre l'intrusion du logement. Les couloirs et les cages d'escalier communs seront ventilés au moyen d'une ouverture d'évacuation naturelle d'une section libre au moins égale à $(0,5 \times \text{Volume du local [m}^3\text{]} / 3600) [\text{m}^2]$.

Les ouvertures se trouvent uniquement sur une façade. La surface des ouvertures de la façade égale à 3.88 m². Le tableau 1 donne une fiche technique de la maison proposée. [8]

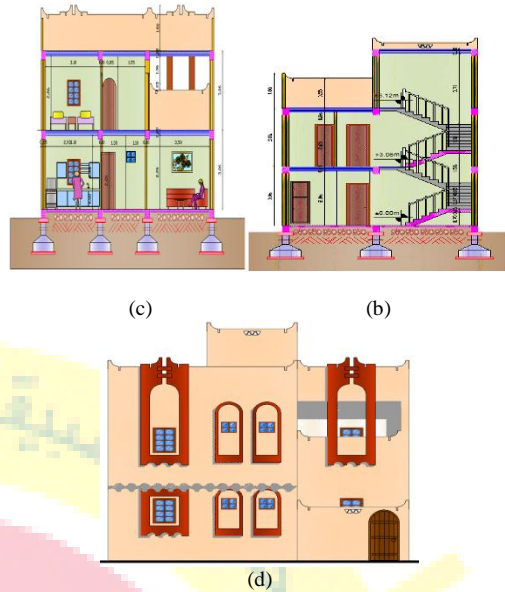
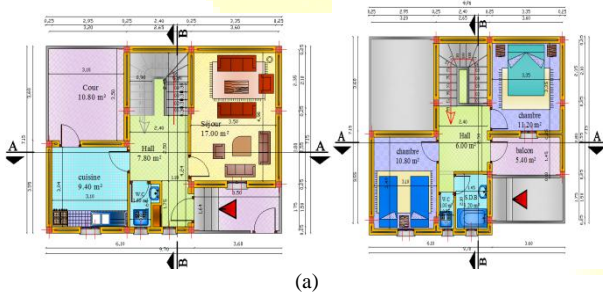


Figure. 1 Plans descriptifs : (a) Rez-de-chaussée, (b) Premier étage, (c) Coupes longitudinales, (d) façade

TABLEAU I
FICHE TECHNIQUE DE LA MAISON

Séjour	17.00 m ²
Cuisine	9.40 m ²
Chambre 1	11.20 m ²
Chambre 02	10.80 m ²
SDB	3.20 m ²
WC	2.60 m ²
Rangement	0.30 m ²
Circulation	13.80 m ²
S-Habitable	68.30 m ²
Cour	10.80 m ²
S-Utile	79.10 m ²
S / Construites	89.90 m ²



Les épaisseurs, les compositions et les valeurs des coefficients de transmission thermique U des murs, des planchers sol et du toit sont données dans les tableaux 2 et 3. La présence d'ouvertures dans ce bâtiment pourrait être exploitée pour favoriser une ventilation naturelle de nuit en été. Tout local à fonction de séjour doit disposer d'une fenêtre



Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 3rd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 13 et 14 Octobre 2014



ouvrante ou d'une porte extérieure afin de pouvoir assurer une ventilation intensive, par exemple en vue de l'évacuation rapide d'odeurs et/ou de la chaleur en été.

pression de 75 Pa. Les caractéristiques utilisées sont données dans le tableau 6.

TABLEAU III
COMPOSITION, EPAISSEURS ET COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE GLOBAL, CARACTERISANT L'ENVELOPPE DU BATIMENT

	Composition	Epaisseur (cm)	Coefficient de transmission thermique U (w / m ² K)
Murs extérieurs	Plâtre	1.5	0.247
	Brique creuse	30	
	Matériau isolant	10	
	Ciment-colle	1.5	
Murs intérieurs	Plâtre	1.5	0.86
	Brique creuse	20	
	Ciment-colle	1.5	
Plancher sol	Carrelage	10	0.348
	Ciment	1	
	Pierre	6	
	Dalle	24	
	Matériau isolant	10	
Toit	Plâtre	1.5	0.348
	Hourdis ciment	12	
	Matériau isolant	10	
	Ciment mortier	3	

Ces ouvertures doivent pouvoir rester opérationnelles sans déformer la protection contre l'intrusion du logement. Les fenêtres doivent être conçues en vue de limiter les fuites d'air. Le taux d'infiltration d'air ne doit pas dépasser 2.8 m³/heure par mètre linéaire lorsqu'il est testé dans une différence de

TABLEAU IIIII
VALEURS DU COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE DE VERRE (VERRE UNIQUE)

Type de verre	Valeur de U			
	Exposée	Abritée		
Verre plat	Vitrage simple, clair			
		5.91	4.60	
	Volet unique avec un revêtement de faible émissivité	e = 0.60	5.68	4.54
		e = 0.40	5.11	3.97
e = 0.20		4.26	3.12	

IV. RESULTATS ET DISCUSSION

Pour résoudre l'équation différentielle ordinaire qui régit le bilan énergétique de l'air de la zone, nous avons utilisé la méthode de Runge-Kutta d'ordre 4. Cette technique intervient dans la plupart des programmes ODE (Ordinary Differential Equations) comme ceux utilisés par Matlab et Octave. Dans les situations où une grande précision est nécessaire.

La figure (2) représente le profil de la température ambiante extérieure correspondant aux journées du 20-21 juillet 2013 et obtenue par polissage polynomiale des valeurs mesurées. De même, la vitesse du vent est représentée par la figure (3). On remarque que la vitesse du vent est comprise entre 1.3 et 3.7 m/s.



Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 3rd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 13 et 14 Octobre 2014

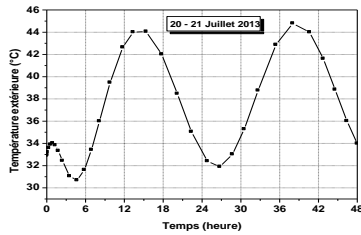


Figure. 2 Température ambiante extérieure

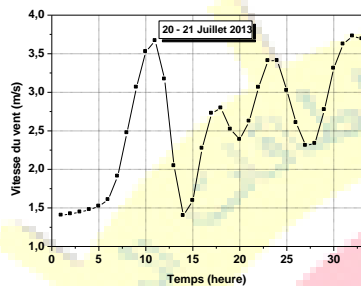


Figure. 3 Vitesse du vent

La figure (4) donne le comportement du débit d'infiltration calculé à partir de l'équation (3). On remarque que ce dernier suit le même scénario à celui de la vitesse du vent.

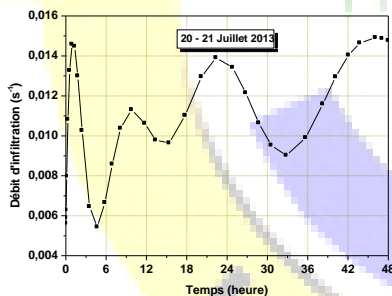


Figure. 4 Débit d'infiltration

La comparaison des températures à différentes vitesses de vent extérieur est représentée sur la Figure 5. On remarque qu'en augmentant la vitesse du vent, une croissance de la température intérieure apparaît.

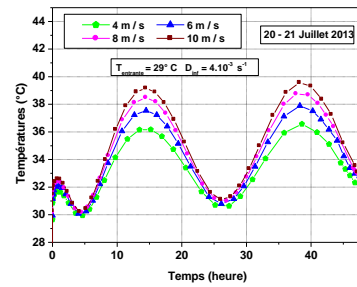


Figure. 5 Température de l'air intérieur pour différentes vitesses du vent

Cependant, l'influence des charges internes de chaleur sur la température intérieure de l'habitat qui est représenté sur la figure 6 provoque une augmentation significative sur la température intérieure.

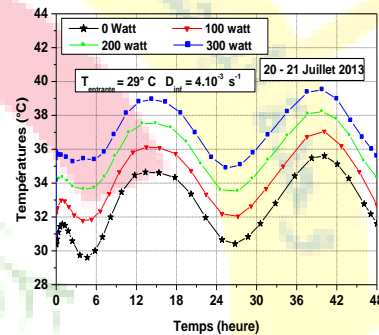


Figure. 6 Température de l'air intérieur selon les puissances de chaleur

La comparaison des profils pour différentes températures entrantes est représentée par la Figure 7. Nous remarquons une augmentation claire de la température de l'air intérieur qui dépend fortement de la température de l'air entrant.

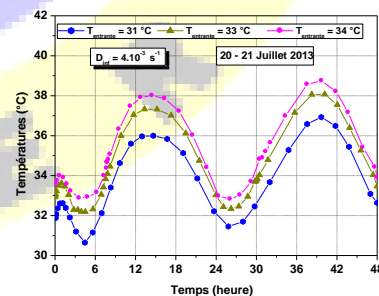


Figure. 7 Température de l'air intérieur pour différentes températures entrantes

V. CONCLUSIONS



Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 3rd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 13 et 14 Octobre 2014



Les résultats ont montré que la ventilation naturelle peut aider à refroidir le bâtiment. Cependant, les conditions doivent être bonnes. En outre, il est important d'optimiser le flux d'air naturel dans le bâtiment en fonction de ses propres caractéristiques de conception, le comportement des utilisateurs et des conditions climatiques.

Ainsi, même quand il existe plusieurs caractéristiques de la construction de la conception et le comportement des occupants qui pourraient être changés pour obtenir l'efficacité optimale de la ventilation naturelle, la variable qui a la plus grande influence est l'ouverture de fenêtres.

Néanmoins, il a été constaté que, dans de nombreux cas, garder les fenêtres ouvertes n'est pas une assurance pour obtenir un confort thermique dans les bâtiments. Il est nécessaire d'analyser chaque bâtiment avec ses propres caractéristiques de conception, le comportement des utilisateurs et des conditions extérieures, ainsi que ses propres besoins de confort.

$T_z^{t-\delta t}$: Température de l'air intérieur à la précédente étape t [K]

T_{zi} : Température dans la zone i [K]

T_{si} : Température dans la surface i [K]

T_{∞} : Température de l'air extérieur [K]

T_{sup} : Température de l'air d'alimentation [K]

$\sum_{i=1}^{N_{si}} \dot{Q}_i$: Somme des charges internes de convection [J/s]

$\sum_{i=1}^{N_{surfaces}} h_i A_i (T_{si} - T_z)$: Transfert de chaleur par convection à partir des surfaces de la zone [J/s]

$\sum_{i=1}^{N_{zones}} \dot{m}_i C_p (T_{zi} - T_z)$: Transfert de chaleur due à l'interzone du mélange d'air [J / s]

$\dot{m}_{inf} C_p (T_{\infty} - T_z)$: Transfert de chaleur due à l'infiltration de l'air extérieur [J/s]

\dot{Q}_{sys} : Production de systèmes d'air [J/s]

$C_z \frac{dT_z}{dt}$: Énergie stockée dans l'air de la zone [J/s]

NOMENCLATURE

ρ_c : Densité de l'air au niveau de la mer et 20 ° C [1,2 kg/m³]

A_i : Aire de la surface de la zone i [m²]

A_L : Effective de la fuite d'air en cm² qui correspond à une pression différenciation 4 Pa

C_p : Chaleur spécifique de l'air [J/(kg.K)]

C_s : Coefficient d'infiltration induit par la cheminée [(L/s)² / (cm⁴ K)]

C_w : Coefficient d'infiltration induit par le vent [(L / s)² / (cm⁴ (m/s)²)]

C_z : Capacité de l'air [J/K]

$F_{schedule}$: Valeur d'un calendrier défini par l'utilisateur [0, . . ., 1]

h_i : Coefficient de transfert de chaleur [W/(m². K)]

\dot{m}_{inf} : Débit massique d'air en raison de l'infiltration [kg/s]

\dot{m}_i : Masse d'air en raison d'interzone du mélange d'air [kg/s]

\dot{m}_{sys} : Débit massique d'air des systèmes [kg/s]

\dot{Q}_i : Charges internes de convection [J/s]

\dot{Q}_{sys} : Énergie des systèmes d'air [W]

s_{wind} : Vitesse locale du vent [m/s]

t : Temps (s)

T_z : Température de l'air intérieur [K]

T_z^t : Température de l'air intérieur au pas de temps t [K]

REFERENCES

- [1] A.Bastide, P.Lauret, F.Garde, and H.Boyer, "Building energy efficiency and thermal comfort in tropical climates. Presentation of a numerical approach for predicting the percentage of well-ventilated living spaces in buildings using natural ventilation," *Energy and Buildings*, vol.38, pp. 1093-1103, 2006.
- [2] M. Assiakopoulos, A. Tsangrassoulis, G. Mihalakakou, M. Santamouris, and J.Sergé, "Development of a control algorithm to optimize airflow rates through variable size windows," *Energy and buildings*, vol. 34, pp. 363-368, 2002.
- [3] J. Laverge, N. Van Den Bossche, N. Heijmans, and A. Janssens, "Energy saving potential and repercussions on indoor air quality of demand controlled residential ventilation strategies," *Building and Environment*, vol. 46, pp. 1497-1503, 2011.
- [4] G.A. Florides, S.A Tassou, S.A. Kalogirou, and L.C. Wrobel, "Measures used to lower building energy consumption and their cost effectiveness," *Applied Energy*, vol. 73, pp. 299-328, 2002.
- [5] F. Garde, H. Boyer, and J. C. Gatina, "Elaboration of global quality standards of natural and low energy cooling in French tropical islands buildings," *Building and environment*, vol. 34, pp. 71-83, 1999.
- [6] I.V. Perez, P.A. Østergaarb, and A. Remmenb, "Model of natural ventilation by using a coupled thermal-airflow simulation program," *Energy and Buildings*, vol. 49, pp. 388-393, 2012.
- [7] M.H. Sherman, D.T. Grimsrud, "Infiltration-pressurization correlation: simplified physical modelling," *ASHRAE Transactions*, vol. 86, pp 778, 1980.
- [8] S.M.A. Bekkouche, T. Benouaz, M.K. Cherier, M. Hamdani, M.R. Yaiche, and N. Benomrane, "Influence of the compactness index to increase the internal temperature of a building in Saharan climate," *Energy and Buildings*, vol. 66, pp. 678-687, 2013.



Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables

The 3rd International Seminar on New and Renewable
Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 13 et 14 Octobre 2014

