



Concepts du solaire passif : Orientation des baises vitrées et gains solaires

A. Bensaha^{1,*}, S.MA. Bekkouche¹, F. Benkouider², M.R.Yaiche³, N. Benamrane¹, A. Abdellaoui⁴

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

²Laboratoire de Communication, signaux et systèmes, Université Amar Telidji de Laghouat, BP G37, route de Ghardaïa, 03000 Laghouat, Algérie

³Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, BP 62 Route de l'Observatoire, Bouzaréah, 16340, Alger, Algérie

⁴Département de Géographie, Université Paris-XII, 61 Avenue du Général de Gaulle, 94010, Créteil, Paris, France,

Article history

Submitted date: 2017-07-15

Acceptance date: 2018-01-13

Abstract

In this paper, we try to favor an orientation that allows both maximizing the capture of solar contributions in winter and reducing energy consumption in overheating case. We are interested to a house under different climatic regimes: Ouargla and Ain Témouchent region. These contributions represent the solar energy introduced by the direct sunlight via glazing and by surface transmission of the walls in contact with the outside. The captured energy manifests itself in the form of heat and without any special catchment arrangement. The obtained results prove that the orientation of the windows towards the south is the most interesting because of the significant solar gains during the heating period. Glazed surfaces to the east or west may cause overheating problems in summer due to the low sun position in the morning and evening; therefore the south will always remain the best orientation.

Key-words: *Passive solar; Orientation; Solar gain.*

Résumé

Dans cet article, nous essayons de privilégier une orientation qui permet à la fois de maximiser la captation des apports solaires en hiver et réduire les consommations énergétique en cas de surchauffe. Nous nous intéressons à une maison soumise à deux régimes climatiques différents: la région d'Ouargla et celle d'Ain Témouchent. Ces apports représentent l'énergie solaire introduite par l'ensoleillement direct via les vitrages et par transmission surfacique des parois en contact avec l'extérieur. L'énergie captée se manifeste sous forme de chaleur et sans disposition spécial de captage. Les résultats obtenus prouvent que l'orientation des fenêtres vers le sud est la plus intéressante en raison des gains solaires importants en période de chauffe. Les surfaces vitrées vers l'est ou l'ouest peuvent entraîner des problèmes de surchauffe en été à cause de la position basse du soleil le matin et le soir, c'est pourquoi, le sud restera toujours l'orientation la plus propice.

Mots-clés : *Solaire passif ; Orientation ; Gain solaire.*

* Corresponding author. Tel./fax: +213 561133814.

E-mail address: bensaha.madjid@gmail.com

I. Introduction

L'énergie solaire arrivant sur notre planète représente une source d'énergie extraordinaire : la terre reçoit plus de 10000 fois la puissance énergétique totale installée par l'homme aujourd'hui, [1].

Les ouvertures se sont des éléments qui influent sur la performance thermique des bâtiments, tant pour le confort thermique intérieure que pour la consommation énergétique due au chauffage et/ou au refroidissement, [2]. L'optimisation de l'orientation joue un rôle prépondérant pour maintenir les conditions de confort thermique, soit en hiver ou en été.

En 2015, une nouvelle méthodologie pour calculer la distribution de l'énergie solaire sur les surfaces internes des espaces fermés avec une ouverture à différentes orientations et emplacements a été introduite [3]. Un modèle analytique pour l'évaluation du facteur de correction des gains solaires à travers les surfaces vitrées selon la norme EN ISO 13790 a été aussi défini dans [4].

Une année après, un modèle mathématique pour calculer les gains solaires à travers les façades à multiples vitrages avec des stores vénitiens en cas d'une réflexion spéculaire a été proposé dans [5].

Thalfeldt et al. ont étudié la taille des fenêtres des logements dans un climat froid, ils ont souligné par la suite que la taille de ces fenêtres orientées vers le Sud n'auront pas un effet remarquable sur les besoins en chauffage. Les fenêtres de petites surfaces peuvent être utiles pour réduire la consommation énergétique due aux surchauffes, [6].

Notre contribution dans cet article consiste à étudier l'influence de l'orientation sur les gains solaires gratuits. Ces apports représentent l'énergie solaire introduite par l'ensoleillement direct via les vitrages et par transmission surfacique des parois en contact avec l'extérieur. L'énergie captée se manifeste sous forme de chaleur et sans disposition spécial de captage. Pour ce faire, deux régions de régime climatique différent ont été choisies. La wilaya d'Ain-Témouchent caractérisée par un climat méditerranéen et la wilaya d'Ouargla soumise à un climat aride et saharien.

La Wilaya d'Ain Témouchent est située au Nord-Ouest de l'Algérie. Le régime climatique se caractérise par des vents qui n'apportent généralement que peu d'humidité (vents de direction Nord-Ouest, Sud-Est), Aïn Témouchent s'étend sur 2376 km² avec une façade maritime de 80 km.

La wilaya d'Ouargla est située au Sud-Est du pays couvrant une superficie de 163230 Km², elle est caractérisée par un climat saharien, avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées. Les températures moyennes mensuelles enregistrées au mois le plus chaud (Juillet) sont de 49 °C. Alors que celles du mois le plus froid (Janvier) sont de 10.25°C. Les précipitations sont rares et irrégulières et varient entre 1 mm et 180 mm par année exceptionnelle. Les précipitations moyennes annuelles sont de 62.9 mm/an. L'humidité relative enregistre des taux tournant de 23 à 77 %.

II. Plan descriptif de l'habitat choisi

Le modèle de notre étude est une maison familiale multizone, il est présenté sur la fig. 1. Ce logement comporte 2 chambres, un salon, une cuisine, une toilette, une salle de bain, un hall et 3 couloirs. Le système constructif de l'habitat est un système poteaux poutres. Deux variétés des murs pour cette maison existent, les murs extérieurs d'épaisseurs de 30 cm et qui se composent de matériaux de construction locaux (pierre, ciment mortier, enduit, ...etc.). Les murs intérieurs et les cloisons sont d'une épaisseur de 15 cm, ils sont en général en briques, ciment mortier, enduit,...etc. La maison a une surface habitable de 100 m², la hauteur des murs égale à 3 m.

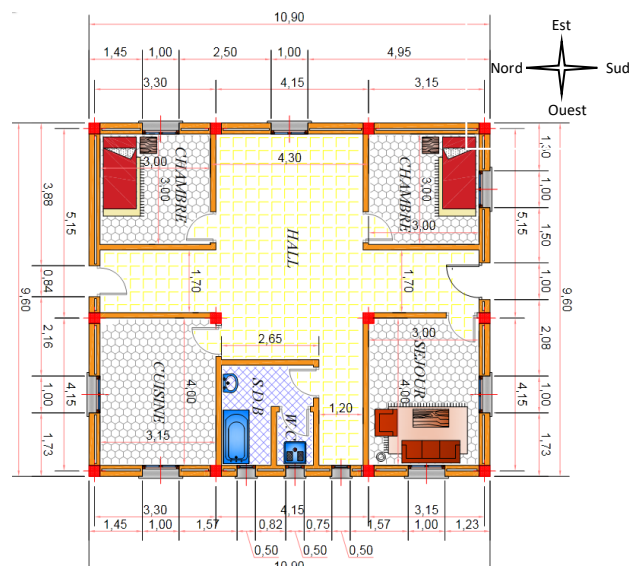


Fig. 1 Plan descriptif de la maison (les dimensions sont en mètre)

Les fenêtres et les portes donc contribuent de manière significative à l'équilibre énergétique. Leurs contributions dépendent de plusieurs paramètres comme par exemple le climat le type de paroi et l'orientation.

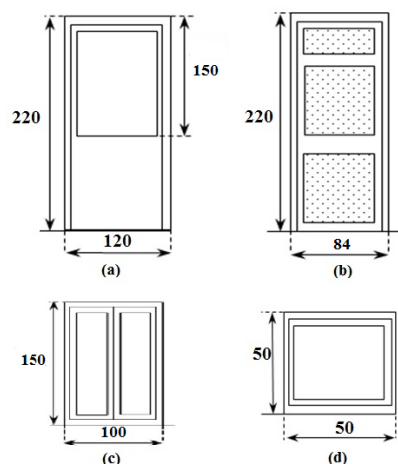


Fig. 2. Dimensions des ouvertures (cm): (a) Porte loggia P1, (b) Porte d'entrée P2, (c) Fenêtre type 1, (d) Fenêtre type 2.

Une fenêtre ou une porte de qualité se doit d'allier performance et esthétique. Dans un tel bilan énergétique d'une construction en générale, il faut connaître ses performances énergétiques et choisir les mieux adaptés pour le logement et ainsi baisser la consommation énergétique correspondante. Les dimensions des baies vitrées donc doivent avoir une intention particulière (fig. 2).

III. Evaluation du rayonnement solaire journalier

Dans toute l'Algérie, peu de stations de mesure fournissent des données répondant directement à nos besoins. En Algérie plusieurs sources fournissent les données dont l'Atlas solaire qui donne un gisement globale sur le territoire algérien qui est le plus utilisé pour des études locales. Récemment, de nouvelles approches utilisent différentes sources de données pour avoir tous types des données solaire. Par exemple, l'estimation de séries chronologiques du rayonnement solaire globale horizontale utilisant une méthode hybride combinant ARMA et NAR a été validée sur le site de Ghardaia (Algérie) a donné un résultat prometteur [7]. Le travail de M.R. Yaïche¹ et S.M.A. Bekkouche consiste d'une part à identifier deux modèles de connaissance relatifs pour la détermination du rayonnement solaire global (modèle de Liu & Jordan et celui de Capderou), et d'autre part à participer au développement d'un outil de simulation correspondant sous Excel, [8]. Pour l'estimation des irradiances incidentes sur un plan horizontal, nous avons utilisé le modèle de Perrin de Brichambaut qui est plus conforme pour l'estimation des éclaircissements incidents sur les plans inclinés dans la région d'étude [8,20]. L'objectif était donc de fournir des données concernant le rayonnement solaire avec une couverture géographique continue. L'utilisation des approches mathématiques s'est donc immédiatement imposée que ce soit pour la réalisation des programmes et codes ou pour la modélisation d'un tel dispositif solaire. Nous nous intéressons plus particulièrement au calcul du rayonnement journalier en moyenne mensuelle. Le journalier est par définition l'intégrale de l'éclaircissement solaire du lever au coucher du soleil. Il se calcule en fonction du facteur de trouble atmosphérique de Linke (par ciel clair) qui est donné par :

$$T_L = T_0 + T_1 + T_2 \quad (1)$$

Où

T_0 : est le trouble dû à l'absorption gazeuse, tant par les constituants fixes de l'atmosphère que par l'ozone et, surtout, par la vapeur d'eau de quantité variable.

T_1 : est le trouble correspondant à l'absorption par les gaz de l'atmosphère (O_2 , CO_2 ,...) et à la diffusion moléculaire de Rayleigh.

T_2 : est un terme relatif à la diffusion par les aérosols couplée à une légère absorption, qui dépendent à la fois de la nature, des dimensions et de la quantité des aérosols.

L'éclaircissement dû au rayonnement direct obtenu sur plan horizontal dépend uniquement du facteur de trouble de Linke. Il est donnée par :

$$I = I_0 \sin(h) e^{-T_L [0.9 + \frac{9.4}{(0.89)^z} \sin(h)]^{-1}} \quad (2)$$

Avec h est la hauteur de soleil.

L'éclaircissement dû au rayonnement diffus obtenu sur plan horizontal dépend également du facteur de trouble diffusif, [10].

$$D = I_0 \exp(-1 + 1.06 \log(\sin(h)) + a - \sqrt{b^2 + a^2}) \quad (3)$$

$$b = \log(T_L - T_0) - 2.80 + 1.02 (1 - \sin(h))^2$$

$$a = 1.1$$

T_0 est donné par la relation suivante :

$$T_0 = \frac{9.4 + 0.9 \cdot ma}{ma} \alpha_{aw} \quad (4)$$

Où ma est la masse d'air.

α_{aw} représente le coefficient d'extinction après absorption par la vapeur d'eau. La modélisation de ce paramètre en fonction des seuls paramètres géo-astronomiques a permis à Capderou de proposer l'expression suivante :

$$T_0 = 2.4 - 0.9 \sin(\varphi) + 0.1 (2 + \sin(\varphi)) A_{he} - 0.2z - (1.22 + 0.14 A_{he}) (1 - \sin(h)) \quad (5)$$

$$A_{he} = \sin\left(\left(\frac{360}{365}\right) (j-121)\right) \quad (6)$$

T_1 est normalement égale à 1 mais si on prend en compte l'effet de l'altitude du site, il est approché par la formule :

$$T_1 = (0.89)^z \quad (7)$$

Le trouble partiel T_2 est donné en fonction du coefficient de trouble d'Angstrom β par l'expression suivante :

$$T_2 = 16\beta \quad (8)$$

A défaut de mesures du coefficient de trouble d'Angström, Capderou a adopté la formulation suivante :

$$T_2 = (0.9 + 0.4 - A_{he}) (0.63)^z \quad (9)$$

Le calcul des éclaircissements solaires (global, diffus et direct) est donné en détail dans les références [8,11-17].

Un programme de calcul sous Excel non accessible s'est conçu, il permet de gérer une interface qui comporte une description de toutes les applications graphiques disponibles. Ces applications se trouvent réparties dans plusieurs répertoires suivant leurs types d'utilisation. Il

permet à l'utilisateur d'introduire le numéro du jour dans l'année et de visualiser la position de la terre par rapport au soleil et sa déclinaison et de calculer l'équation du temps et la déclinaison du soleil de manière interactive. Il nous donne

aussi la possibilité de visualiser la position du soleil durant toute la journée,[15]. Les tableaux 1 et 2 donnent en chiffres les valeurs de l'irradiation journalière moyenne mensuelle pour les deux wilayas et pour les quatre orientations pour un ciel clair.

TABLEAU 1. Irradiation journalière moyenne (en Wh/m²) pour Ouargla.

	Est	Sud	Ouest	Nord
Janvier	2637	6601	2637	280
Février	3227	6461	3227	330
Mars	3741	5480	3741	408
Avril	4165	3999	4165	734
Mai	4206	2803	4207	1532
Juin	4174	2286	4178	2289
Juillet	4046	2478	4049	1939
Aout	3890	3287	3890	1057
Septembre	3560	4451	3560	569
Octobre	3108	5536	3108	437
	Est	Sud	Ouest	Nord
Janvier	2246	6268	2246	252
Février	2943	6285	2943	305
Mars	3465	5287	3465	385
Avril	3928	3837	3928	656
Mai	4042	2641	4042	1223
Juin	4012	2124	4016	1682
Juillet	3884	2298	3888	1452
Aout	3664	3112	3664	880
Septembre	3316	4288	3316	535
Octobre	2839	5365	2839	406
Novembre	2331	5870	2331	305
Décembre	2036	6057	2036	251
	Est	Sud	Ouest	Nord
Novembre	2646	6138	2646	339
Décembre	2309	6308	2309	278

TABLEAU 2. Irradiation journalière moyenne (en Wh/m²) pour Ain-Temouchent.

Les figures 3 et 4 concernent une projection des chiffres donnés par les tableaux précédents.

Il est connu qu'en hiver, le soleil a une trajectoire courte et basse sur l'horizon. Il se lève au sud-est et se couche au sud-ouest. En été, le soleil a une trajectoire longue et haute sur l'horizon. Faisant suite à ces aspects, nous remarquons que les valeurs obtenues sont en concordance et logiques. Par exemple en hiver dans l'hémisphère nord, le soleil est bas par rapport à l'horizon; à ce moment là, pour obtenir le meilleur rendement il faudra privilégier un grand angle.

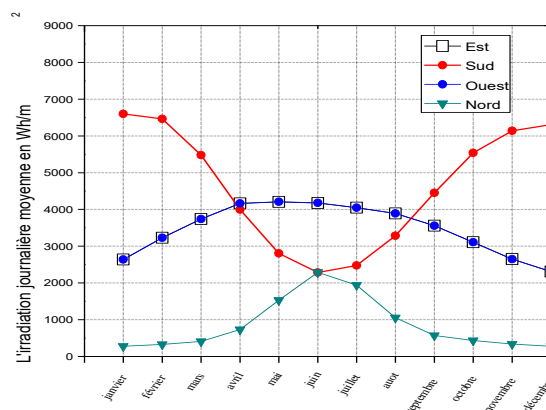


Fig. 3. Irradiation solaire journalière moyenne, cas d'Ouargla

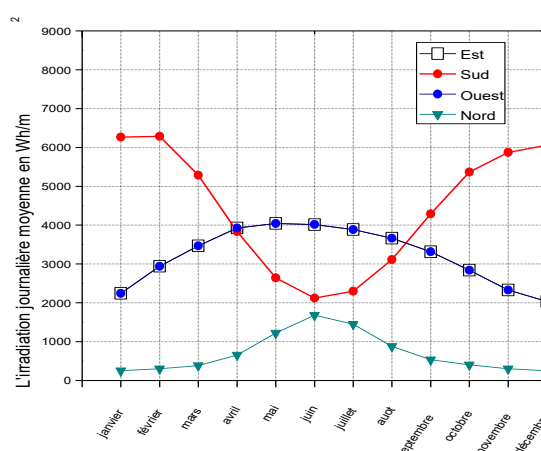


Fig. 4. Irradiation solaire journalière moyenne, cas d'Ain-Temouchent.

Calcul des Gains Solaires Directs

Des exigences plus strictes en matière de réglementation des bâtiments ont attiré l'attention sur la prévention de la surchauffe des bâtiments. Cela nécessite principalement une réduction du gain solaire provenant du rayonnement solaire entrant. Cependant, la réponse n'est pas simplement d'utiliser de petites surfaces de vitrage, car il y a un besoin de lumière du jour, de vues, et l'aspect de l'immeuble doit être pris en considération. Dans cette situation, nous aurons besoin de changer l'orientation de l'habitat qui favorise la minimisation du gain solaire en été et pour le bénéficier en hiver. Les apports solaires dépendent du site où se situe le bâtiment, les surfaces réceptrices et l'orientation [9,17-19].

$$Q_s = \sum I_{sj} S_{sj} \tag{9}$$

Où

Q_s : est l'apport thermique en Wh, la somme s'effectue sur toutes les orientations j.

I_{sj} : est l'irradiation solaire journalière pour l'orientation j, elle s'exprime en Wh/m².

S_{sj} : est l'aire réceptrice équivalente d'orientation j en m², Cette aire, se calcule de la manière suivante :

$$S_{sj} = A S F_s \quad (10)$$

Avec

A est la surface de la maison prise pour les calculs en m²
 F_s est le facteur de correction pour l'ombrage .

Nous supposons que la porte côté Sud est vitrée à 50% pour assurer un maximum de gain solaire.

Pour le Nord, F_s = 0.89

Pour le Sud, F_s = 0.72

Pour l'Est et l'Ouest, F_s = 0.67

S est le facteur solaire. Le facteur solaire est la quantité totale d'énergie que laisse passer un vitrage par rapport à l'énergie solaire incidente.

Pour la menuiserie bois S = 0.44,

Pour la menuiserie PVC S = 0.42,

Pour la menuiserie S = 0.46.

Il mesure donc la contribution d'un vitrage à l'échauffement de la pièce.

Les surfaces des ouvertures :

Côté Sud : A = 4.5 m²

Côté nord : A = 1.5 m²

Côté Est : A = 3 m²

Côté Ouest : A = 3.75 m²

On détermine donc S_{sj} par la façon suivante:

$$Ss_Sud = 4.5 \times 0.44 \times 0.72 = 1.4256 \text{ m}^2$$

$$Ss_Nord = 1.5 \times 0.44 \times 0.89 = 0.5874 \text{ m}^2$$

$$Ss_Est = 3 \times 0.44 \times 0.67 = 0.8844 \text{ m}^2$$

$$Ss_Ouest = 3.75 \times 0.44 \times 0.67 = 1.1055 \text{ m}^2$$

L'expression précédente se transforme à la forme suivante :

$$Q_s = I_{s_Sud} S_{s_Sud} + I_{s_Nord} S_{s_Nord} + I_{s_Est} S_{s_Est} + I_{s_Ouest} S_{s_Ouest} \quad (11)$$

I_s : l'irradiation journalière incidente sur l'orientation considérée en Wh/m².

IV. Résultats et Discussions

Les résultats obtenus sont illustrés sur les figures 5 et 6, qui représentent la variation du gain solaire journalier moyen calculée pour chaque mois selon les orientations classiques connues. La cinquième courbe (noire) correspond à la variation du gain solaire journalier moyen de l'habitat pour une orientation en plein Sud tout en éliminant les ouvertures de la façade Nord.

Les figures ont montré que pour profiter des apports solaires, il est plus favorable de choisir l'orientation Sud pour une période qui s'étend du moi d'Octobre au mois de Mars pour les deux wilayas.

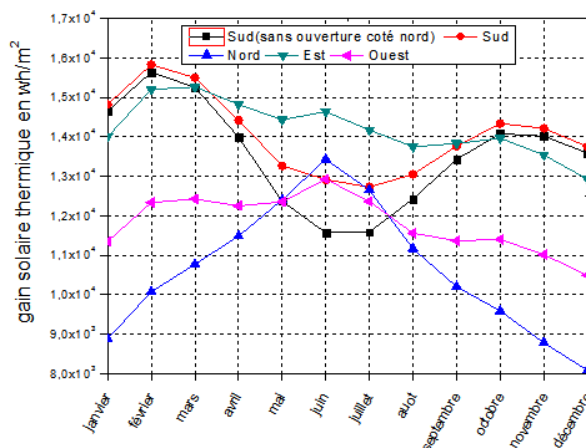


Fig. 5. Variation du gain solaire journalier moyen mensuel pour la wilaya d'Ouargla

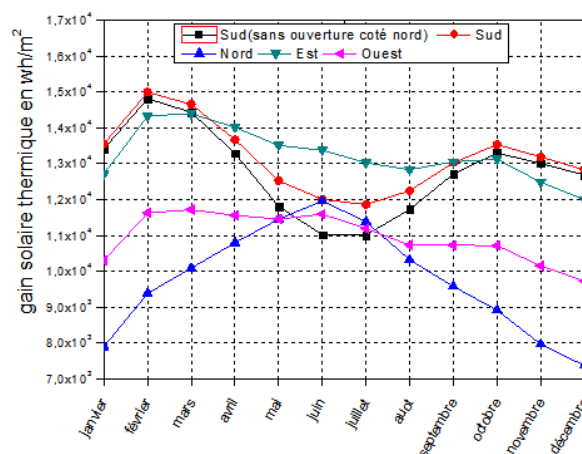


Fig. 6. Variation du gain solaire journalier moyen mensuel pour la wilaya d'Ain-Temouchent

Pour la wilaya d'Ouargla, l'orientation Sud (avec des bais opaques côté Nord) est la plus recommandée pour les mois de Mai, Juin et Juillet pour se protéger des surchauffes. Concernant la wilaya d'Ain-Temouchent, c'est seulement les mois de Juin et Juillet qui sont favorable pour une orientation Sud (avec des bais opaques côté Nord).

En résumé, l'orientation sud est avantageuse pendant 09 mois pour la région d'Ouargla et 08 mois pour la région d'Ain-Temouchent.

L'orientation Nord en moi d'Aout est la meilleur pour les deux régions.

Pour le moi de Mai, les orientations Ouest et Nord sont les plus favorables pour éviter la chaleur pour la wilaya d'Ain-Temouchent. Mais la différence avec l'orientation Sud n'est pas importante.

Pour les intersaisons (Avril et Septembre), l'orientation qui sera retenue sera en fonction des besoins énergétiques de l'habitat durant la période en cours pour les deux régions.

En comparant les deux sites, nous pouvons constater généralement une similitude de point de vue orientation, la différence réside dans le fait que l'intensité du rayonnement solaire pour la région d'Ouargla est plus élevée par rapport à celle d'Ain-Temouchent .

V. Conclusion

Suivant l'orientation, une ouverture verticale peut être facilement gérée par rapport aux apports solaires. A l'inverse, les surfaces horizontales captent peu d'énergie en hiver et apportent des surchauffes en été. La façade est considérée donc comme élément initial fondamental de la conception. 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.

En effet, on peut dire qu'il faut limiter les surfaces vitrées horizontales aux seuls besoins d'éclairage naturel des locaux situés au dessous.

Les caractéristiques des vitrages doivent répondre à des préoccupations parfois contradictoires : profiter des apports solaires en hiver et les limiter en été.

Pour pouvoir contrôler les gains solaires et appliquer rigoureusement les concepts solaires passifs, il a fallu optimiser les parois transparentes (forme géométrique et surface) intégrées en façade de telle sorte qu'on puisse avoir le Sud comme meilleure orientation.

References

- [1] Guide de l'écococonstruction, Document édité par l'Agence Régionale de l'Environnement en Lorraine, Février 2006.
- [2] A.R. Ita Amarala, E. Rodriguesa, A.R. Gaspara, Á. Gomes J. Breckling, A thermal performance parametric study of window type, orientation, size and shadowing effect, *Sustainable Cities and Society* 2016; 26: 456-465
- [3] K.J. Kontoleon, Glazing solar heat gain analysis and optimization at varying orientations and placements in aspect of distributed radiation at the interior surface, *Applied Energy* 2015;144: 152–164.
- [4] R. Bruno, G. Oliveti, N. Arcuri, An analytical model for the evaluation of the correction factor FW of solar gains through glazed surfaces defined in EN ISO 13790, *Energy and Buildings* 2015;Vol 96: 1–19.
- [5] Y. Wang, Y. Chen, Modeling and calculation of solar gains through multi-glazing facades with specular reflection of venetian blind, *Solar Energy* 2016; 130: 33–45.
- [6] M. Thalfeldt. J. Kurnitski, H. Volla, Detailed and simplified window model and opening effects on optimal window size and heating need, *Energy and Buildings* 2016; Vol 127:242–251.
- [7] K.Benmouiza1, A. Cheknane, Small-scale solar radiation forecasting using ARMA and nonlinear autoregressive neural network models, *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 124, 3-4: 945–958
- [8] M.R. Yaïche, S.M.A. Bekkouche, Conception et validation d'un programme sous Excel pour l'estimation du rayonnement solaire incident en Algérie, cas d'un ciel totalement clair, *Revue des Energies Renouvelables* 2008; Vol. 11 N°3 : 423 – 436.
- [9] M. Hamdani, S.M.A. Bekkouche, T. Benouaz, M.K. Cherier, A new modelling approach of a multizone building to assess the influence of building orientation in Saharan climate, *Thermal Science* 2015; Vol. 19, Suppl. 2: S591-S601.
- [10] M. Capderou, 'Atlas Solaire de l'Algérie', Modèles Théoriques et Expérimentaux, Vol. 1, T1, Office des Publications Universitaires, EPAU, Algérie, 375 p., 1987.
- [11] S.M.A. Bekkouche, Modélisation du comportement de quelques dispositifs solaires, Thèse de Doctorat en Physique, Université de Tlemcen, Juin 2009
- [12] J.C. Grenier, A. De La Casinière, T. Cabot, A spectral model of Linke's turbidity factor and its experimental implications, *Solar Energy* 1994; Vol 52 Issue 4: 303-313.
- [13] A. Louche, G. Peri, M. Iqbal, An analysis of Linke turbidity factor, *Solar Energy* 1986; Vol 37: 393-396.
- [14] F. Kasten, The linke turbidity factor based on improved values of the integral rayleigh optical thickness, *Solar Energy* 1996; Vol 56 Issue 3: 239-244.
- [15] M.R. Yaïche, S.M.A. Bekkouche, Conception et validation d'un logiciel sous Excel pour la modélisation d'une station radiométrique en Algérie cas d'un ciel totalement clair, *Revue des Energies Renouvelables* 2009; Vol 12 N°4: 677 – 688.

- [16] M.R. Yaïche, S.M.A. Bekkouche, Estimation du rayonnement solaire global en Algérie pour différents types de ciel, *Revue des Energies Renouvelables* 2010; Vol. 13 N^o4 : 683 – 695.
- [17] M. Hamdani, S. M. A. Bekkouche, T. Benouaz, R. Belarbi, M. K. Cherier, Minimization of indoor temperatures and total solar insolation by optimizing the building orientation in hot climate, *Engineering Structures And Technologies* 2014; Vol 6(3): 131–149.
- [18] S.M.A. Bekkouche, T. Benouaz, M.R. Yaiche, M.K. Cherier, M. Hamdani, F. Chellali, Introduction to control of solar gain and internal temperatures by thermal insulation, proper orientation and eaves, *Elsevier, Energy and Buildings* 2011; Vol 43: 2414–2421
- [19] M. Hamdani, S.M.A. Bekkouche, T. Benouaz ET M.K. Cherier, Etude et modélisation du potentiel solaire adéquat pour l'estimation des éclairagements incidents à Ghardaïa ,*Rev. Int. Hél* 2011; 43, 8-13.
- [20] A. Bensaha, F. Benkouider, S.M.A. Bekkouche, Estimation du rayonnement solaire en ciel clair par des modèles empiriques: Application au site de Ghardaïa (Algérie), 1st International Seminar on the Apport of the Simulation in Technological Innovation, Ghardaïa (Algeria), Mars, 7-8, 2017.