



# L'impact de la configuration urbaine sur l'exploitation du gisement solaire

Boutheina Djeddou<sup>\*1</sup>, Noureddine Zemmouri<sup>\*2</sup>

<sup>1,2</sup> Département d'Architecture, Université Mohamed Khider, Biskra.  
07000 Biskra, Algérie

<sup>\*1</sup> [djeddouboutheina@gmail.com](mailto:djeddouboutheina@gmail.com)

<sup>\*2</sup> [Pr.zemmouri@gmail.com](mailto:Pr.zemmouri@gmail.com)

**Résumé** — Dans un contexte saharien, le potentiel d'énergie solaire représente une source d'énergie permanente et quasiment illimitée. La présente recherche est une contribution à l'enrichissement du discours du développement durable ; sur l'intégration des différents systèmes des applications solaires dans les milieux aride et semi-aride. Cette investigation se focalise sur l'étude de la viabilité des collecteurs thermiques par une simulation solaire numérique à l'aide du logiciel Solene. L'application s'effectue sur trois configurations urbaines représentatives du tissu urbain de la ville de Biskra ayant des taux de densités urbaines variées. L'exploration de l'outil SpaceMate permet l'analyse de relation entre la forme bâtie et l'espace non bâti. La densité urbaine est considérée comme un concept multi-variable suite au quatre indicateurs qui compose le diagramme de l'outil SpaceMate. La comparaison du potentiel d'exploitation du gisement solaire du cas d'étude à l'aide du logiciel thermo-radiatif Solene se fait sur la base des critères retenus de l'analyse. Les résultats ont démontré que la configuration lâche assure la meilleure exploitation de ce gisement ainsi que la meilleure viabilité.

**Mots clés:** — gisement solaire, configuration urbaine, impact, densité urbaine, densité multi-variable, région aride ; simulation numérique.

## I. INTRODUCTION

Le soleil est une source d'énergie inépuisable et se trouve partout sur le globe, il a été toujours la source principale de la lumière naturelle, de chaleur ainsi que d'énergie. De ce fait il est considéré comme une alternative énergétique. Il est important et indispensable de s'intéresser à la question de l'ensoleillement à l'échelle urbaine pour pouvoir offrir une exploitation optimale de l'énergie solaire aux usagers dans l'intérêt de réduire sa consommation des énergies non renouvelable. En Algérie comme dans le reste du Monde, le développement croissant des villes exerce une influence prépondérante sur la consommation énergétique du parc immobilier. La ville de Biskra ne fait pas exception; et a connu un développement urbain accéléré, dont on distingue une variation morphologique de son tissu urbain, de ce fait sa demande énergétique augmente de plus en plus, ce qui engendre des effets néfastes sur la qualité de vie des citoyens. L'exploitation intensive de l'irradiation solaire dans les zones

urbaines apparaît de plus en plus clairement comme une stratégie essentielle et réalisable pour favoriser le développement durable [1]. Dans un contexte saharien, le potentiel de cette énergie est quasiment permanent, un intérêt immense doit être porté à cette source afin de mieux l'intégrer aux bâtiments et profiter de ces avantages.

## II. CAS D'ETUDE

La ville de Biskra s'inscrit dans un contexte saharien, qui bénéficie de potentialité solaire importante tout au long de l'année; vue sa situation géographique. Ce potentiel permet l'application des systèmes solaires par son l'exploitation dans différentes domaines. Pour cette raison, et en plus de sa représentativité des régions arides et semi-arides elle est choisie comme cas d'étude. Elle est constituée d'un amalgame de différents tissus à caractéristiques urbaines variées. Cette variation morphologique influe sur l'accès solaire et l'exploitation de son gisement.

Une morphologie et une organisation spatiale spécifique à cette région induite par son appartenance a la région des Ziban ainsi que l'influence des conditions climatiques. Elle est caractérisée par un même processus d'évolution du tissu urbain [2]. L'hétérogénéité de sa morphologie est du à son développement urbain accéléré : d'un tissu traditionnelle très denses construites en harmonie parfaite avec son environnement naturel, a d'autre tissus contemporain des lotissements (ZHUN Est, Ouest) planifiés peut dense et des tissus relativement lâches (autrement dit éclaté) se présentent sous la forme d'habitat collectif, et du coup une importante variété de leurs densité bâtie. Ses tissus offrent aussi une variété des configurations : variété des hauteurs des bâtiments, des orientations et des dimensions des rues, des typologies des constructions [3]. Cela permet l'étude comparative des configurations de morphologie différente.

## III. METHODOLOGIE

Ce travail consiste d'une évaluation du potentiel d'utilisation de l'énergie solaire de trois tissus représentatifs de la ville de Biskra de densité urbaine variée (très dense, dense, et lâche), en vue d'une meilleure exploitation du gisement solaire et d'évaluer la viabilité d'un mode de captage



## Le 4<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

### The 4<sup>th</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa - Algeria 24 - 25 Octobre 2016



direct de l'énergie solaire active celui des collecteurs thermiques. De par la situation géographique importante qu'occupe la ville de Biskra son climat aride et semi-aride offre un gisement solaire énorme qui peut contribuer à différentes applications solaires.

#### A. L'analyse typologique

Une analyse morphologique s'est élaboré en premier lieu afin de sélectionner les prototypes représentatifs et d'en tirer les caractéristique de chacun d'entre eux. Une série d'études antérieurs traitant des sujets connexe aussi les documents graphiques ont été examiné de la ville de Biskra dans sa globalité afin d'en tirer les principales configurations distinctes; très dense, dense et lâche. Les configurations sélectionnées représentent les taux variées de la densité urbaine de l'ensemble des tissus composant la ville de Biskra.

Afin de comprendre la relation entre le bâti et le non bâti ainsi que les caractéristiques morphologique et urbaines de ces configurations ; on s'est appuyer sur l'outil SpaceMate qui est développé par les deux chercheurs Berghäuser pont & Haupt [4]. SpaceMate c'est l'étude de la logique spatiale de la densité urbaine. Il permet l'étude détaillée de la morphologie urbaine ; il propose aussi d'étudier soigneusement et de comprendre la relation entre les propriétés quantitatives et spatiales des zones urbaines donnant lieu à une empreinte particulière et unique à chaque tissu urbain. Ils prétendent qu'à travers cet outil innovant l'analyse quantitative peut aider à élargir les possibilités et le pouvoir explicatif de la morphologie urbaine à travers son diagramme.

Grâce à la combinaison des quatre variables COS, CES, OSR (le ratio de l'ouverture de l'espace) et L (la hauteur des constructions), qui sont étroitement liées les unes aux autres, définissons la densité de chaque tissu comme un phénomène multi-variable, l'environnement bâti peut être bien décrit aussi la comparaison détaillée des configurations urbaines, on se focalisant sur la disponibilité d'espace (la surface de la zone non bâtie) ; les types des bâtiments et le nombre d'étages ainsi que la pression du bâti sur l'espace ouvert extérieur (défini par l'OSR).

Le positionnement des modèles construits sur le diagramme SpaceMate ci-dessus (graphe 1) a permis l'analyse morphologique détaillé.

Il est claire que chaque catégorie est bien située sur le graphe, on a pu donc différencier entre les tissus urbains et de comprendre leurs caractéristiques, on peut aussi capturer des caractéristiques importantes des quartiers et des types urbains d'une manière qu'aucune des mesures de la densité urbaine utilisée isolément ne peut le faire seul.

L'interaction entre les quatre variables semble être plus importante que leurs valeurs absolues. La zone de grande hauteur à un COS (Coefficient d'Occupation du Sol) moins important que la zone avec des blocs de constructions compacts. La zone de grande hauteur est en fait construite

d'une manière beaucoup moins compacte et a donc un CES (Coefficient d'Emprise au Sol) inférieure.

Le graphe (1) positionne clairement sur ces deux extrémités les trois typologies de maisons individuelles de configurations urbaines très denses, dense qui présente l'auto construit planifier et de logements collectifs de configurations urbaines lâches (éclaté).

Le premier ensemble - configurations urbaines très dense - est caractérisé par un niveau de densité élevée supérieure à un COS de 1(proche du 2), d'une emprise au sol proche de 90 pour cent, une hauteur moyenne de bâtiment autour de deux étages et un indice de l'espace ouvert au-dessus 0.25. Le dernier ensemble-configurations urbaines lâches (éclaté)- est autour du niveau de densité le plus bas d'un COS moins de 0.7, et d'une emprise au sol proche de 18 pour cent et de hauteurs généralement de 6 étages et un taux d'espace ouvert qui dépasse le 1. tandis que le troisième ensemble, qui ne comprend que des configurations à densité moyenne, atteint le niveau de densité significativement intermédiaire de cet ensemble, par un COS très proche du 1, principalement dû à des tissus auto-construits planifiés et règlementés et d'une emprise au sol qui ne dépasse pas le 50 pour cent indique que ; ce n'est que la moitié de l'assiette qui est investie pour le bâti ; et qui dispose des hauteurs moyennes entre 2 et 3 étages ainsi un taux d'espace ouvert situé entre le 1 et 0.5.

Donc on peut dire que l'ensemble des configurations morphologiques formant sur le diagramme des densités, trois (3) grandes catégories ; chacune d'elle évoque un niveau de densité. Ce graphe nous a permis de retenir :

Une corrélation négative décrite entre le COS et la hauteur des constructions : plus la densité urbaine exprimée par le COS est important plus la hauteur des constructions est réduite.

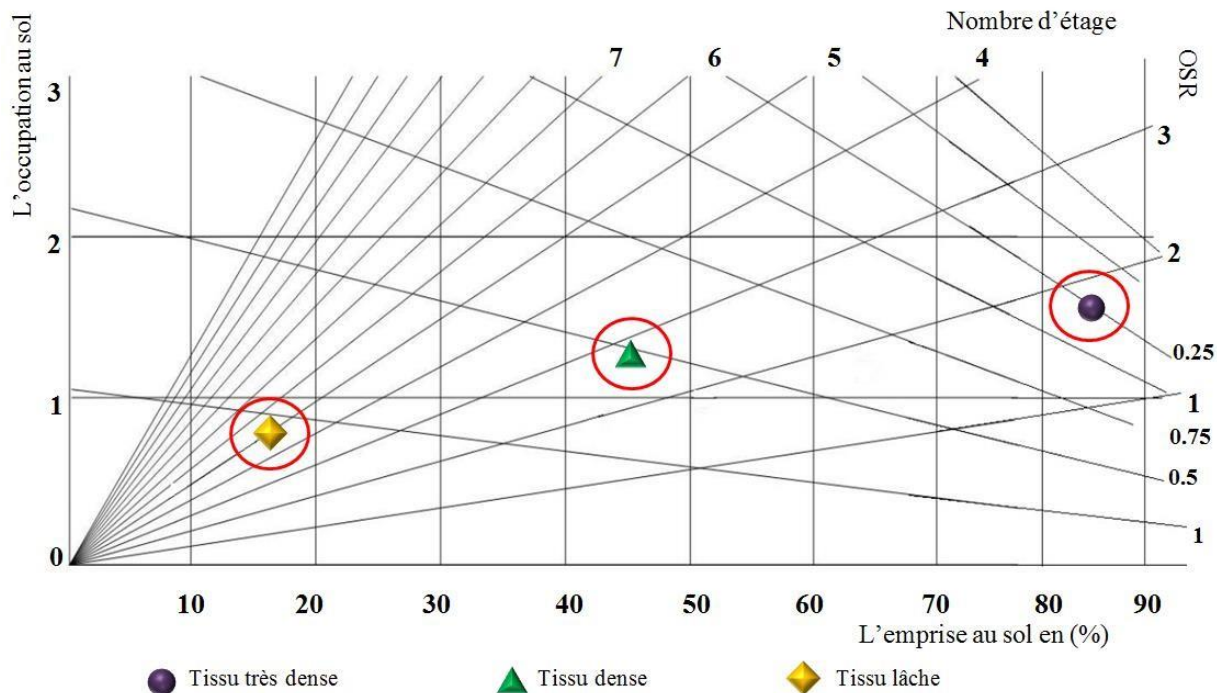
Une corrélation négative décrite entre le COS et l'OSR : plus la densité urbaine exprimée par le COS est important plus le ratio de l'ouverture de l'espace exprimé par l'OSR est réduit aussi.

Une corrélation positive décrite entre la hauteur des constructions et le ratio de l'ouverture de l'espace : plus la hauteur des constructions est importante plus le ratio de l'ouverture de l'espace exprimé par l'OSR est réduit aussi.

Le regroupement des différentes zones résidentielles dans le graphe SpaceMate, de manière qu'il est évident que la représentation et le positionnement des grappes sont formées de similitudes en termes de structure spatiale. Ainsi, toutes les zones de grande hauteur sont rassemblées dans une zone dans le graphe. C'est également pour les zones de blocs compacts, dans la zone de faible hauteur.

L'analyse quantitative nous a aidés à élargir les possibilités et le pouvoir explicatif de la morphologie de différentes configurations urbaines de notre cas d'étude.





Graph 1. Le positionnement les configurations idéalisées sur le diagramme SpaceMate.

SpaceMate nous a permis de dégager les caractéristiques des modèles représentatives sélectionnées auparavant de l'ensemble des tissus urbains pour les configurations de taux de densité variée ; et de déceler leurs traits majeurs.

Les prototypes sélectionnés pour l'étude sont construits sous forme de modèles 3D idéalisés simplifiés (dépourvu de tous les détails) pour la simulation numérique, sont illustré dans la figure (2) (en haut la configuration très dense représente le tissu traditionnel et en bas la configuration éclaté représente le tissu d'habitats collectifs). Les caractéristiques géométriques de ces deux configurations sont illustrées sur le tableau (1).

| Caractéristiques              | Très dense | dense | Lâche |
|-------------------------------|------------|-------|-------|
| Variantes                     |            |       |       |
| COS                           | 1.27       | 0.9   | 0.6   |
| CES                           | 0.85       | 0.46  | 0.11  |
| S-Enveloppe (m <sup>2</sup> ) | 1260       | 3300  | 7360  |
| S-Assiette (m <sup>2</sup> )  | 1400       | 2080  | 14000 |
| N-Niveau                      | 2/1        | 1/2/3 | 6     |
| N-Blocs                       | 4          | 4     | 4     |

TABEAU. 1 Les caractéristiques des différentes configurations urbaines idéalisées à simuler.



FIG. 1. Les modèles représentatifs des deux configurations urbaines : très dense ; dense et lâche.



## Le 4<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

### The 4<sup>th</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa - Algeria 24 - 25 Octobre 2016



#### B. L'évaluation de la viabilité de l'enveloppe bâtie

L'étude des effets des configurations urbaines sur l'irradiation solaire, s'est appuyé sur l'adoption la méthode proposé par R.Compagnon (2004) [4] qui a été appliqué dans plusieurs recherches Montavon, et Al, (2004) [5]; Scartezzini, et Al, (2002) [6], Vicky Cheng et all ;(2006) [7]. L'évaluation numérique du gisement solaire s'est élaboré à l'aide du logiciel de thermo-radiatif Solene (développé par le laboratoire CERMA) comparant la viabilité des applications solaires des enveloppes bâties des trois modèles 3D virtuelles construits, à partir des caractéristiques des prototypes sélectionnés dans l'étape précédente et qui sont représentatifs du tissu urbain de la ville de Biskra, après avoir définis leurs caractéristiques, et les différences morphologiques entre elles.

Les résultats de la simulation numérique obtenus par le logiciel Solene seront comparés par la suite afin d'estimer ces effets.

Ces prototypes sont soumis, sous les mêmes conditions climatiques (correspondent à celle de la ville de Biskra-cas de notre étude-). Les simulations sont établies pour deux saisons représentatives des conditions les plus défavorables de l'année : saison hivernal (S1) et la saison estivale (S2). Pour chaque saison on a opté pour une journée représentative (J1 et J2), pour chacune d'entre elle (le 4 janvier pour la saison hivernal J1 et le 11 juillet pour la saison estivale J2). Et pour chaque saison un type de ciel est choisi : ciel partiellement clair pour S1 et ciel clair pour le S2

#### IV. RESULTATS ET INTERPRETATION

Pour satisfaire les besoins quotidiens d'énergie en électricité et en chauffage, de nombreuses techniques basées sur l'énergie solaire sont en voie de développement.

Ces techniques ont pour but de capter cette énergie solaire et de la convertir. On peut distinguer le solaire passif (par les baies vitrées, les serres) ; et actif sous deux formes : le solaire photovoltaïque, par des capteurs de panneaux qui permettent de convertir le rayonnement solaire en électricité et les capteurs solaire thermique qui permet de convertir le rayonnement solaire en chaleur.

Le potentiel solaire est défini comme le pourcentage de la superficie de la façade qui reçoit, au moins un seuil prédéfini. Ses seuils sont défini par R.Compagnon (2002) [8].

Dans le présent document en se limitent à l'étude de la viabilité des capteurs solaire thermique sur les enveloppes bâties de trois configurations urbaines. Les seuils de ces applications sont présentés dans l'annexe (le tableau 3).

Le tableau (2) suivant présente les résultats obtenu pour les trois modèles :

| Surface / Variantes | Très dense | Dense  | Lâche  |
|---------------------|------------|--------|--------|
| A-façade (%)        | 61.97      | 98.00  | 78.57  |
| A-toiture (%)       | 100.00     | 100.00 | 100.00 |

TABLEAU. 2 La viabilité des différentes des surfaces des enveloppes des modèles urbains en %.

Les résultats illustrés dans le tableau (2) donnent la somme totale des surfaces en (%) des deux modèles urbains étudiés qui répondent aux conditions des seuils des applications solaires.

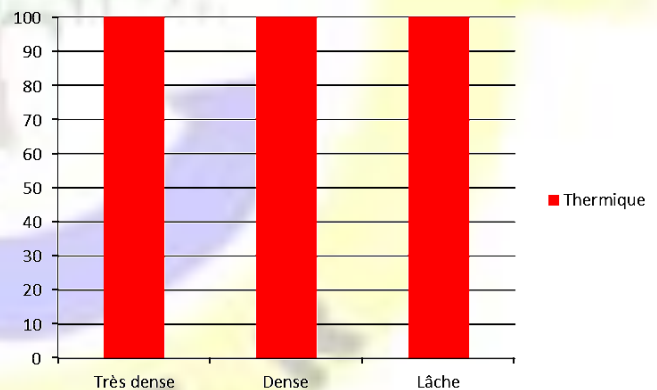
| Techniques solaire     | façades | toitures |
|------------------------|---------|----------|
| Collecteurs Thermiques | 400     | 600      |

TABLEAU. 2 Les seuils de l'application solaire thermique

Le tableau démontre que les toitures reçoivent la plus grande quantité de rayonnement solaire. Par contre; la viabilité des surfaces de façades varie de façon très différente d'un cas à un autre.

Les graphes présentés dans ce qui suit (3 et 4) caractérisent le "gisement solaire" de trois tissus urbains de densité urbaine variée. Il devient possible de juger son potentiel de production "solaire" active et de comparer la viabilité des applications solaires.

collecteurs thermique sur les toitures



Graph 3. La viabilité des collecteurs solaires thermiques pour les façades des modèles urbains en pourcentage(%).

Le graphe (3) démontre que le pourcentage de la viabilité des applications des collecteurs thermiques pour les façades varie dans les trois cas. Le potentiel solaire est variables pour les parois verticales (les façades), les obstructions dans ce cas ne sont pas négligeables et ont des effets négatifs d'occultation des quantités importantes de rayonnement solaire.



## Le 4<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

### The 4<sup>th</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa - Algérie 24 - 25 Octobre 2016



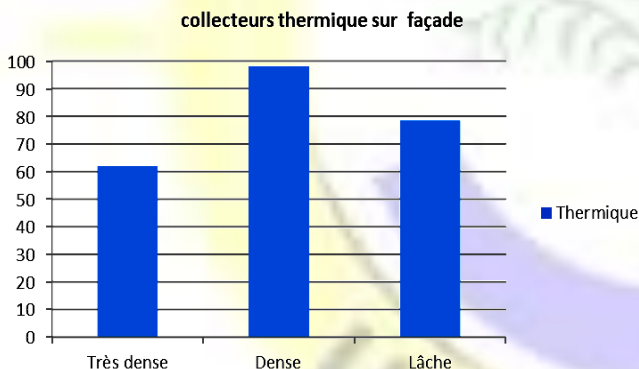
Pour la configuration très dense est la plus bas que celui de la configuration lâche, avec un pourcentage de 61.97% pour la première, tandis que pour la seconde ; elle affiche le pourcentage de 78.58% ; par contre la configuration dense affiche la plus haute valeur de 98% ce qui est proche du 100 %. (La configuration dense affiche le maximum).

Ceci n'est dû qu'aux effets des obstructions engendrées par les variations des hauteurs des constructions avoisinantes sur les parois verticales, ce qui empêche les rayons solaires d'atteindre la surface d'enveloppe bâtie.

Le potentiel solaire des applications des collecteurs thermiques varie au niveau des façades pour les deux configurations urbaines. Un écart important est de 36.03 % pour ces techniques d'exploitation thermique de l'énergie solaire entre la configuration dense et celle très dense, et de 19.43% entre le cas dense et le cas lâche. Ce qui est dû aux effets des obstructions des constructions avoisinantes engendrée par la haute densité de cette configuration (COS et CES élevé). La valeur élevée enregistré par la configuration dense est dû à l'orientation de cette dernière qui est différente (Nord-Est/Sud-Ouest) aux deux autres : très dense et lâche.

Une corrélation négative est décrite entre la densité urbaine et les surfaces exposées au rayonnement solaire.

Le graphe (4) représente le pourcentage de viabilité des toitures des deux configurations urbaines, pour les collecteurs solaires thermiques.



Graph 3. La viabilité des collecteurs solaires thermiques pour les façades des modèles urbains en pourcentage(%).

Il est très clair que la viabilité des toitures des trois cas d'étude est totalement similaire. Pour ces configurations les toitures (plans horizontaux) sont plates, et reçoivent le maximum de quantité de rayonnement solaire ; contrairement aux parois verticales ; le potentiel solaire n'est pas variable. Cela est dû aux effets négligeables des obstructions sur des toitures des constructions avoisinantes même si les hauteurs de ces constructions sont variées au sein d'un même quartier. (Les hauteurs sont peu variables pour chaque configuration prise isolément). De ce fait les toitures peuvent étre exploitables par des collecteurs solaires thermiques.

La densité urbaine dans ce cas n'a aucun effet sur l'exploitation du gisement solaire par les toitures.

#### V. CONCLUSIONS

Cette recherche est considérée comme une simple tentative de contribution au débat de développement urbain durable et plus précisément à une meilleure exploitation des énergies renouvelables. L'objectif de cette recherche est de promouvoir un urbanisme respectueux de l'environnement, qui permet une meilleure utilisation directe de l'énergie solaire au sein d'un milieu urbain saharien.

La relation entre les configurations urbaines et l'irradiation solaire sont étroitement liées cela a été prouvé par les résultats obtenus de cette recherche.

La configuration urbaine la plus optimale est celle qui profite le plus des rayons solaires directs exploitables ; et sont ceux qui présentent les meilleurs modes de captage dans cette étude.

Ces résultats ne sont pas encore affinés en particulier les irradiations solaires et leurs dépendances aux orientations ainsi qu'aux coefficients de réflexions des textures extérieures de l'enveloppe bâtie.

On propose pour les futures recherches d'examiner la viabilité des applications solaires photovoltaïques ainsi que la performance solaire passive pour le même cas d'étude afin de tirer la meilleure configuration urbaine pour un climat saharien.

L'orientation des configurations urbaines influe aussi sur l'exploitation d'énergie solaire ce qui doit être pris en considération dans nos futures recherches.

#### REFERENCES

- [1] M. Santamouris (Guest Ed.), "Solar Energy in the Urban Environment", Solar Energy, Vol.70, special issue, Mars 2001, pp. 175-318.
- [2] L. Sriti et al., "évolution des modèles d'habitat et appropriation de l'espace ; le cas de l'architecture domestique dans les Ziban", Courrier du Savoir, N°05, Juin 2004, pp. 23-30.
- [3] K. Hamel et S. Mazouz, "The compact city: an urban shape for sustainable city, in arid areas", Department of architecture, University of Biskra, B.P 145, Biskra, Algeria. 2005, pp10.
- [4] M. Berghäuser Pont & P. Haupt, " SpaceMate: a Multi-Variable Density Concept to Describe Typologies and Performances of Urban Fabrics", Delft University of Technology, An interdisciplinary conference, 6-8 June 2007.
- [5] Montavon, et Al, "Comparison of the solar energy utilisation potential of different urban environments" InPlea2004 Proceedings. The 21st Conference on Passive and Low Energy Architecture. University of Technology, Eindhoven, 2004, pp 19-22.
- [6] Scartezzini, et Al, "Computer Evaluation of the Solar Energy Potential in an Urban Environment", Bologna, Italy; EuroSun 2002.





**Le 4<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et  
Renouvelables**

**The 4<sup>th</sup> International Seminar on New and Renewable  
Energies**

**Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa - Algeria 24 - 25 Octobre 2016**



- [7] Vicky Cheng et all; "Urban Form, Density and Solar Potential ", PLEA2006 - The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006.
- [8] R. Compagnon, "Solar and daylight availability in the urban fabric", Energy and Buildings, n°36, 2004. pp 321-328.

