

Stratégie d'amélioration du confort thermique d'une place publique d'une ville saharienne 'Biskra/Algérie'

Abdelhakim Hanafi ^{1*} et Djamel Alkama ^{2†}

¹ Département d'Architecture, Université Batna 1, Algérie

² Département d'Architecture, Université de Guelma, Algérie

(reçu le 10 Septembre 2016 - accepté le 28 Septembre 2016)

Résumé - Les espaces publics ouverts, surtout les places publiques sont pour la rencontre de la population, la communication, la convivialité, etc... Afin que ces espaces jouent leur rôle, il y règne un environnement physique confortable. L'usage optimal de ces espaces mérite une connaissance détaillée de tous les éléments qui peuvent améliorer les conditions climatiques d'utilisation de ces derniers. L'objectif du présent article est d'étudier et d'analyser le rôle joué par la végétation (le végétal urbain) dans l'espace extérieur urbain; vu que c'est une composante fondamentale de ce dernier; dont elle minimise et intercepte les rayons solaires, un facteur très important du confort thermique à l'extérieur. Elle réduit les températures de l'air, génère de l'ombre, absorbe les flux radiatifs. En général, elle participe à la modification positive des ambiances physiques (chaleur, humidité, lumière,...). Sachant que les gens des villes sahariennes, (climat chaud et zone aride) cherchent à s'abriter contre les rayons solaires par tous les moyens, surtout durant la période estivale. A cette dernière, la majorité des gens sont touchés par le stress thermique, vu le manque de fraîcheur et de l'ombre, et cela, les pousse à abandonner les places publiques, et rejoindre les espaces bâtis, tout en utilisant la climatisation, qui engendra une importante consommation d'énergie (électricité). L'investigation 'in situ' a touché la dimension climatique, la température ambiante, l'humidité, l'ensoleillement, le rayonnement solaire, etc... et l'insertion du végétal urbain (par simulation) comme un masque contre les rayons solaires. Les résultats obtenus confirment le rôle primordial du végétal urbain dans la création de l'ombre, qui a amélioré le confort thermique des places publiques et ensuite la qualité de la vie urbaine. Or on s'est limité, dans cet article, à exposer un seul exemple de la recherche. Il s'agit d'une place publique (Ben Badis) de la ville de Biskra/Algérie, ville saharienne, (à climat sec et de zone aride). La technique suivie dans ce travail est une combinaison entre les mesures des facteurs climatiques nécessaires 'in situ' et la simulation par le biais d'un logiciel.

Abstract - The open public spaces, especially the public places are for the population, meeting, communication, conviviality, etc. So that these spaces play their role they must be ruled by a comfortable physical environment, the optimal use of these spaces deserves detailed knowledge of all the elements that can improve the climatic conditions of use of these spaces. The purpose of this article is to study and analyze the role played by vegetation (urban vegetal) in urban external spaces. Since it is a fundamental component in this latter, of which it minimizes and intercepts the solar rays, a very important factor of thermal comfort outside. It reduces air temperatures, generates shade, absorbs radiated fluxes, and in general, it participates in the positive modification of physical environments (heat, humidity, light,...). Knowing that the people of the Saharan cities (hot climate and arid zone) seek to shelter solar rays by all means, especially during the summer. To the latter, most of people are affected by thermal stress, given the lack of freshness and shade. This leads them to abandon the public place, and to join the built spaces, while using air conditioning, which engendered more energy consumption (electricity). The 'in situ' investigation has affected the climate dimension, ambient

* hanafi.ahakim@gmail.com

† dj.alkama@gmail.com

temperature, humidity, sunshine, solar radiation, etc... and the insertion of urban vegetation (by simulation) as a mask against solar rays. The results confirm the primordial role of urban vegetal in the creation of shade, which has improved the thermal comfort of public places. Then the quality of urban life. Now, it is limited, in this article, to expose a single example of the research. It is a public place (Ben Badis) in the city of Biskra/Algeria, (dry climate and arid zone). The technique followed in this work. Is a combination of measures of the necessary climatic factors 'in situ' and simulation using software.

Mots clés : Végétal urbain - Ombre - Confort thermique - Rayonnement solaire - PMV - PET - Tmrt - Ts - SVF - Ray Man - Ville saharienne - Place publique.

1. INTRODUCTION

Les villes sahariennes contemporaines en Algérie se sont transformées à des villes au Sahara, qui n'ont pas pu conserver leurs cachets urbains et architecturaux [1]. La première lecture des plans des noyaux de ces villes-là, constate l'ingéniosité de leurs populations, dans la création de ces établissements humains sahariens, Ksours qui se dispersent dans un milieu hostile [2], où on touche l'interaction entre les contextes, socioculturels, historiques et environnementaux.

C'est l'adaptation à leur environnement physique, où le contexte climatique était respecté. Malgré l'austérité du climat de cette région, la population de ces villes, a su produire un équilibre entre les conditions climatiques et leur besoin. S'offrir des espaces publics (espaces extérieurs urbains) utilisables durant toute l'année. Tout cela, c'était par un ensemble de dispositifs urbains et architecturaux. Ces éléments ont permis, un filtrage des facteurs climatiques, le vent, la température de l'air et surtout le rayonnement solaire.

De nos jours, le facteur climatique est négligé, par l'adoption des instruments d'urbanisme incompatible à leurs contextes, des modèles conçus pour les villes du Nord de l'Algérie. Ceux-là a fait perdre leurs identités et leurs spécificités géo-climatiques. Ce qui a engendré un manque d'usage des espaces publics de ces villes, et surtout les places publiques.

D'après l'analyse [3], l'abandon de ces espaces est dû au manque du confort thermique, qui oblige les gens à quitter ces espaces, ou bien les fréquenter occasionnellement. Ce papier est une tentative, dans le but d'améliorer le confort thermique, au sein des espaces extérieurs urbains existants, très ouverts (places publiques), pour bien jouer leurs rôles. Par la suite, améliorer le cadre de vie urbain de la population des villes sahariennes contemporaines en Algérie.

2. PROBLEMATIQUE

Dans les villes sahariennes, à climat aride, le souci de la population est d'éviter les rayons solaires et de chercher l'ombre et la fraîcheur, ce qui pousse les gens à abandonner les espaces publics, (espaces extérieurs urbains), surtout les très ouverts, dont ils sont assaillis toute la journée par un soleil chaud et ardent, vers les espaces bâtis tout en utilisant la climatisation. Ce qui confirme que le confort thermique en milieu urbain, est l'un des facteurs qui influencent les activités des gens, ensuite l'usage des espaces extérieurs [4].

La fréquentation des espaces publics joue un rôle très important dans la promotion de la qualité de la vie urbaine. Encourager les gens à utiliser les espaces publics, se passe par la maîtrise des conditions climatiques. Des études démontrent que l'usage des espaces publics et le comportement des gens sont en fonction de ces derniers [5].

Désormais, une étude, était menée par Nikolopoulou *et al.* sur des places publiques en Angleterre, ont pu vérifier que l'usage des places était en fonction des conditions climatiques et surtout aux conditions de confort qu'elles offrent aux individus [6].

En outre, l'effet positif du confort thermique favorise les gens à fréquenter et à se rencontrer au sein des espaces publics, (places publiques) avec une diminution de la consommation d'électricité [7].

En effet, les conditions climatiques peuvent augmenter, limiter, diriger ou modifier l'usage des espaces extérieurs urbains, ensuite l'impact sur le cadre de la vie urbaine. Comme déjà mentionné en haut, la population des villes sahariennes s'échappent toujours des rayons solaires vers les lieux ombragés, vu qu'ils sont plus frais. Dans une étude de Chatzidimitriou *et al.*, 2006, ils ont révélé que les surfaces pavées ombragées sont plus fraîches de 40 % que les mêmes surfaces exposées aux rayons solaires, et leurs températures surfaciques inférieures de 21 % que la température de l'air [8].

Enfin, le rayonnement se considère comme un des principaux éléments climatiques, qui sont: la température de l'air, l'humidité, le vent et les précipitations et le rayonnement solaire.

Il peut être reçu, soit par un rayonnement direct du soleil, soit par un rayonnement diffusé par le ciel, ou bien par un rayonnement réfléchi par une surface terrestre [9].

3. OBJECTIFS

- Trouver la stratégie adéquate et faisable. Pour introduire la végétation dans l'espace public comme élément améliorant le confort thermique dans les espaces extérieurs, 'environnement', par l'atténuation du rayonnement solaire et la diminution de l'ouverture au ciel.
- Détermination du type de végétal urbain qui répond aux objectifs de la recherche et en s'adaptant à la région saharienne, 'climat chaud, zone aride'.
- Chercher une conception optimale de la végétation.
- Vérification du confort thermique par les indices du confort thermique et d'autres paramètres.

4. METHODOLOGIE, STRATEGIE D'AMELIORATION DU CONFORT THERMIQUE

L'adoption des instruments d'urbanismes du courant fonctionnaliste d'une part et le manque de suivi de l'état d'autre part, à engendrer des villes avec des formes urbaines qui ont un effet négatif sur l'environnement, surtout physique.

Entraînant des modifications au niveau des conditions climatiques, dont elles se manifestent au niveau des températures plus élevées; soit, température de l'air, température surfacique ou température radiante, et d'humidité de l'air plus faible.

La fréquentation et la pratique des espaces publics sont relatives aux conditions climatiques, qui prolongent la durée d'usage des places publiques.

Dans cet objectif, l'amélioration des conditions climatiques s'avère nécessaire [10]. Donc elle se passe de l'intervention sur la morphologie urbaine (forme urbaine), étudier l'ombre créée par les bâtiments entourant l'espace public concerné et l'orientation de l'espace.

Cette intervention se base sur l'analyse de l'espace par rapport au ratio H/W [11], et la fermeture de la vue au ciel. La place publique Ben Badis/Biskra est un espace extérieur urbain très ouvert (espace isolé) $H/W < 1$. (figure 8)

L'intervention pour atténuer la température du sol de la place publique, puisqu'elle est relative à l'albédo (émissivité, réflectivité) du revêtement du sol de cette dernière [12]. Le résultat obtenu par simulation était insignifiant. Cela veut dire, qu'après avoir choisi un nouveau matériau où l'albédo était plus élevé, son influence sur le confort thermique (sur la PET, et la Tmrt) n'a rien changé [13].

Après revue, les différents types d'intervention, pour améliorer le confort thermique des usagers de la place publique Ben Badis/Biskra, l'introduction de la végétation s'avère nécessaire pour atteindre notre objectif [14].

Rôle du végétal urbain

Le rôle de la végétation (végétal urbain) ne se limite pas à l'embellissement des espaces publics et les rendre agréables, mais son rôle touche toutes les dimensions de l'environnement: social, écologique, psychologique, etc... (figure 1).

Le souci de notre article, c'est le rôle et l'influence de la végétation (végétal urbain) sur le confort thermique. Une étude effectuée par des chercheurs à Aix-en-Provence, sont arrivés, que tous les espaces de la ville sont plus chauds avec 01 °C de plus, que le site de la station météorologique, mis à part les jardins, les parcs, les cours et les places à l'ombre sont à la même température ou bien à une température inférieure à celle mesurée à la station de la météo de un degré (01 °C à 0.75 °C) [15].

Une équipe de recherche du laboratoire ABC à Marseille, a constaté que, la masse foliaire des arbres soit en jardin ou alignement conserve la température voisine de la température de l'air. C'est-à-dire, que la température de l'air sous un arbre est donnée, comme si le rayonnement solaire était nul [16].

De plus, la végétation est une source d'humidité, même pendant la saison d'été, où l'humidité relative sous le végétal (arbre) est supérieure jusqu'à 10 % par rapport aux espaces sans végétation [17]. (figure 1)

D'après Vinet, 2000 [18], le végétal urbain joue le rôle de protection solaire surtout dans les régions très ensoleillées, et il réduit le degré d'ouverture au ciel (SVF). Au vu de la densité du feuillage qui est un facteur déterminant dans la perméabilité au rayonnement solaire, cela réduit la température du sol et diminuera les radiations réfléchies et les effets d'inertie au sol.

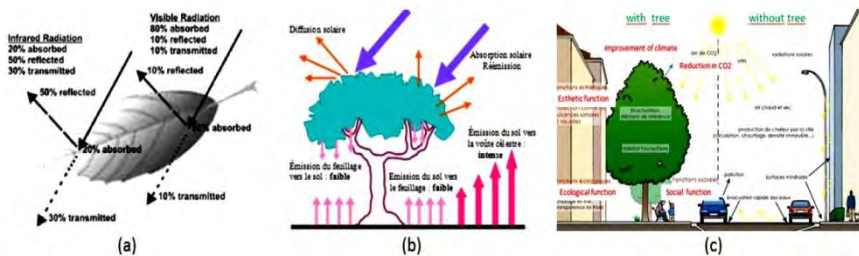


Fig. 1: (a) absorption, transmission et réflexion de la radiation par le feuillage, [22] (b) absorption, diffusion, réflexion et émission de la radiation par la couronne d'arbre, [23] (c) rôle du végétal urbain: amélioration du climat, réduction du CO₂, fonction esthétique, fonction écologique et fonction sociale, [24]

En effet, le rôle le plus important du végétal urbain sur le microclimat urbain, s'exerce sur le rayonnement solaire. Un vrai masque contre ce dernier, où il absorbe et reflète le grand pourcentage du rayonnement solaire et le peu traverse le végétal vers le sol, [19]. Il constitue un filtre au rayonnement direct, ce qui diminue le rayonnement

absorbé par le sol, où il amoindrit l'échauffement des surfaces en période estivale, figure 1(a).

Le feuillage des arbres, intercepte de 60 à 90 % de la radiation solaire, bien sûr, dans les régions fortement boisées et cela empêche l'augmentation de température du sol [20]. D'après Brown *et al.* (1995) [21], une feuille d'arbre absorbe 80 % des radiations visibles, et réfléchit 10 % et transmet le reste. (figure 1(b)).

Le comportement du végétal urbain vis-à-vis le rayonnement solaire se traduit en quatre actions, à savoir, la réflexion, la convection, l'évapotranspiration et l'ombrage, (figure 2(b)). Par contre pour le bâtiment, il absorbe et réfléchit tout court les rayons solaires par ses matériaux, (figure 2(a)).

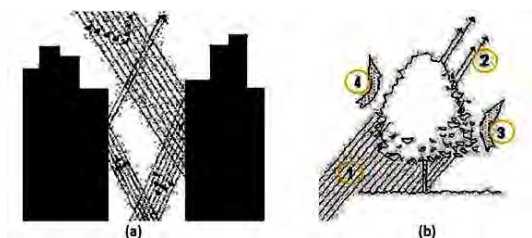


Fig. 2: (a) Rayonnement solaire dans l'espace urbain, absorbé et réfléchit par les matériaux. (b) 1, ombrage; 2, réflexion; 3, convection, 4, évapotranspiration, [25]

En effet, son rôle ne se limite pas à ce niveau, selon Izard [26], il participe à améliorer le confort dans les espaces extérieurs et intérieurs. Le végétal urbain, est un atout qui agit positivement sur le confort thermique, et de manière passive sur l'abaissement de la température de l'air en milieu urbain. C'est un masque contre les rayons solaires, à la fois il génère de l'ombre et il absorbe les flux radiatifs et la chaleur sensible de l'air par l'évapotranspiration.

5. LA VILLE DE BISKRA / ALGERIE

Le cas d'étude et d'analyse est Biskra, ville saharienne [27] algérienne située à 34°48 Nord (latitude) et 05°44 Est (longitude) [28].



Fig. 3: (a) et (b), Situation géographique de la ville de Biskra; (c) carte de découpage administratif, wilaya de Biskra (Source: Archive de l'auteur)

Son altitude est d'une moyenne de 88 m, au-dessus du niveau de la mer. Le climat de Biskra est caractérisé par un été très chaud et sec, la température moyenne est de 43.5 °C, (figure 4(a)), l'humidité relative moyenne est de 12 %, (figure 4(b)), et un hiver très froid (température minimale moyenne de 4 °C, humidité relative maximum moyenne de 89 %). Les précipitations sont rares et ne dépassent pas les 31 jours par an. Biskra se place dans la région aride, selon l'indice d'aridité de 'Martonne', [29].

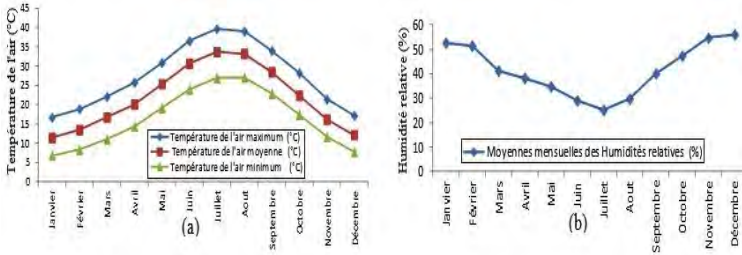


Fig. 4: (a) Graphe relatif à la moyenne mensuelle des températures de l'air de la période 67-2005. (Source: Données station météorologique de Biskra)
(b) Graphe relatif à la moyenne mensuelle des humidités relatives de la période 1975 – 1984. (Source: Données atlas climatologique national)

Les mois d'été, Juin, Juillet, Août et jusqu'au mois de Septembre, sont des mois chauds, avec des températures moyennes maximales de 36.5 à 39 °C. Par contre, les mois de Novembre jusqu'au mois d'avril, considérés froids avec des températures moyennes minimales de 11.7 au 8.4 °C.

Le rayonnement solaire incident est très intense et de l'ordre de 7680 Wh/m², sur un plan horizontal pendant le mois de Juillet, (figure 6(a)), qui correspond à une durée d'ensoleillement de 383 heures, (figure 6(b)), et qui peut dépasser 12 heures par jour.

En hiver, il atteint son minimum pendant le mois de décembre pour une intensité de 2712 Wh/m², ce qui correspond à une durée d'insolation de 219 heures / mois, soit 7 heures/jour [30]. Tout ceci contribue à la rudesse climatique de la ville de Biskra.

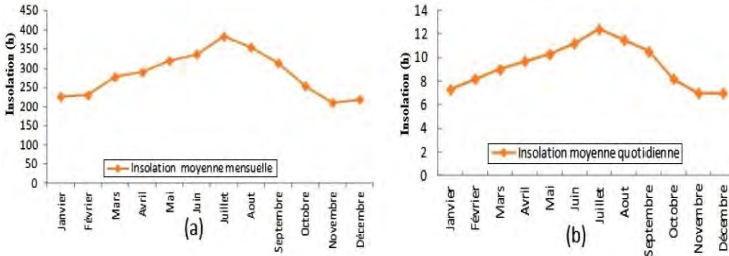


Fig. 5: (a) Graphe relatif à la durée moyenne d'insolation mensuelle ; (b) graphe relatif à la durée moyenne d'insolation quotidienne de Biskra. [30bis]

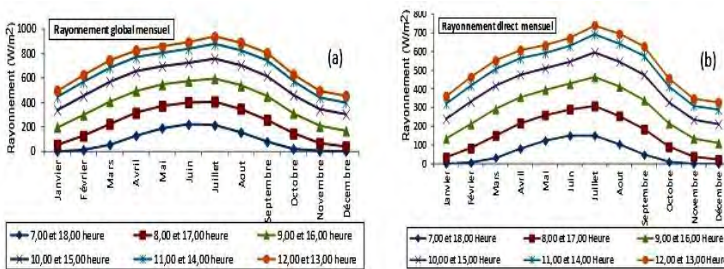


Fig. 6: (a) Graphe relatif au rayonnement incident sur un plan horizontal par heure d'un jour d'ensoleillement moyen pour chaque mois de Biskra (ray. global mensuel)
(b) Graphe relatif au rayonnement incident sur un plan horizontal par heure d'un jour d'ensoleillement moyen pour chaque mois de Biskra (ray. direct mensuel) [31]

5.1 Biskra, d'une ville saharienne verte a une ville au sahara

La ville de Biskra a perdu malheureusement au cours de sa croissance, sa couverture verte (la palmeraie) et dont l'extension urbaine était aux dépens de cette dernière. Avec la végétation (couverture verte, palmeraie), 'les Biskris' ont pu s'adapter à leurs environnements physiques, où le contexte climatique était respecté, malgré l'austérité du climat de cette région. (figure 7).

A noter que le nombre de palmiers par rapport au nombre d'habitant se réduit avec le temps, où on a enregistré 24 palmiers / personne en 1904. Par contre, il a diminué jusqu'à 01 palmier / personne en 2009, ce que veut dire, un déficit de 23 palmiers depuis 1904 à 2009 par personne [32].

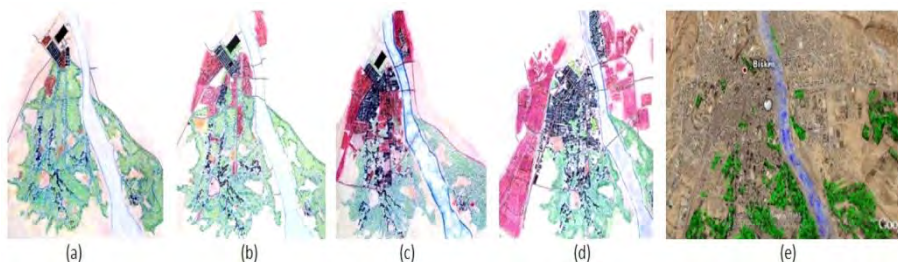


Fig. 7: (a) Schéma du tissu urbain de Biskra, époque: 1865-1932. (b) Tissu urbain de Biskra, époque: 1932-1962. (c) Tissu urbain de Biskra, époque: 1962-1977. (d) Tissu urbain de Biskra, époque: 1977-1986. (e) Tissu urbain de Biskra, époque: 1986- à nos jours. [33]

5.2 Site d'expérimentation, place Ben Badis / Biskra / Algérie

La place Ben Badis (à la cité Ben Badis/Biskra), se situe dans la Z.H.U.N Ouest, où elle fait partie des allées Seddik Ben Yahia. D'une forme trapézoïdale, sa surface totale est de 7423.00 m². Cette place est composée d'une aire destinée comme espace vert, de 2604 m² et le reste carrelée (figure 8). La place Ben Badis est limitée dans tous les sens par des voies de circulation mécaniques. La place a un sol carrelé et un terrain nu, qui est réservé pour un espace vert.



Fig. 8: (a) Plan de situation de la place Ben Badis / Biskra; P.D.A.U / Biskra (b) et (c) Photos sur la place. (Source: Auteur)

5.3 Investigation

La démarche suivie dans ce travail, a pour objectif de mettre en évidence le rôle de la végétation (végétal urbain), sur le confort thermique de la place publique (espace extérieur urbain, très ouvert, dont, $H/W < 1$) [34].

On va voir, le degré d'influence de la végétation sur la diminution du facteur d'ouverture au ciel (SVF), température moyenne radiante (T_{mrt}), température du sol T_s . L'atténuation du rayonnement global reçu par le corps (G act) et le rayonnement direct reçu par le corps (S act).

On a calculé l'indice du confort thermique (PET), l'indice (PMV), la température moyenne radiante (T_{mrt}), la température du sol (T_s), le rayonnement global reçu par le corps (G act) et le rayonnement direct reçu par le corps (S act) (figure 10).

5.3.1 Facteur d'ouverture au ciel (SVF)

Le facteur SVF (Sky view factor), permet aux chercheurs d'évaluer les échanges de chaleur par rayonnement entre l'espace étudié et le ciel. Ce dernier peut être obtenu par calcul (formule) ou par simulation. Sa valeur est comprise entre 0 et 1. Si la valeur du $SVF = 1$, donc l'espace étudié est isolé; et si la valeur du $SVF < 1$, veut dire que l'espace est obstrué. Ce facteur est considéré comme un facteur morphologique important et essentiel dans l'impact sur le microclimat.

5.3.2 Température moyenne radiante (T_{mrt})

La température moyenne radiante se considère comme étant un indicateur thermique, intégrant plusieurs systèmes d'échanges. La T_{mrt} est une variable importante dans l'évaluation du confort thermique aux espaces extérieurs et par temps ensoleillé.

On peut avoir la T_{mrt} par mesure des températures des surfaces, ou bien par calcul à travers une simulation. Le bilan radiatif est lié à la nature de la surface du sol. Il dépend en effet de son albédo, (émissivité, conductivité thermique et évaporation) et de la vitesse de l'air. [35]

5.3.3 Température physiologique équivalente (PET)

Pour évaluer le confort thermique, plusieurs chercheurs font recours à cet indice (PET) puisqu'elle est le moyen le plus utile pour différents climats. Ils la considèrent comme un indicateur des impacts du climat. Et ils peuvent intervenir avec cet indice, pour le confort thermique, soit espace intérieur ou extérieur. [36]

Tableau 1: relatif aux classes de la perception thermique et le niveau du stress physiologique indiquées par la PET et PMV pour un homme, production de chaleur interne: 80 W, résistance des vêtements 0.9 clo [37]

Echelle de PET (°C)	< 4	4 to 8	8 to 13	13 to 18	18 to 23	23 to 29	29 to 35	35 to 41	> 41
Echelle du PMV	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Perception Thermique	Extrêmement Froid	Très Froid	Froid	Légèrement Froid	Confortable	Légèrement chaud	Chaud	Très chaud	Extrêmement chaud
Niveau du stress physiologique	Stress Extrême de froid	Fort Stress de froid	Stress de froid modéré	Leger Stress de froid	Aucun Stress thermique	Leger stress de chaleur	Stress de chaleur modere	Fort stress de chaleur	Stress extrême de chaleur

5.3.4 Vote moyen prévisible (PMV)

Cet indice remonte à l'année 1984, dont il était adopté par la norme ISO 7730-93; est révisé en 1993. Il s'appuie sur les travaux de Fanger 1970. Il a été développé autrefois par 'M. Bruse' pour être adapter aux milieux extérieurs, lors de l'actualisation de son programme de simulation. Il lui donne neuf (09) échelles de confort propres aux espaces extérieurs, comprises entre deux valeurs du PMV, et qui sont: -4 et +4 [38].

La méthodologie consiste, sur une série de mesures physiques des paramètres climatiques (température de l'air, humidité relative de l'air, vitesse du vent et couverture

du ciel), l'effet thermique, hygrothermique et aérodynamique, qui affectent directement l'espace extérieur étudié (la place publique, Ben Badis/Biskra). (figure 9).

Le jour choisi pour la campagne de mesures, c'était le 15/07/2014. Le choix de ce jour-ci est pris sur la base de la zone de surchauffe de la ville de Biskra. Indiqué au tableau des isothermes de la ville de Biskra [39] et de plus, la sélection du jour à ciel dégagé (sans nuages).

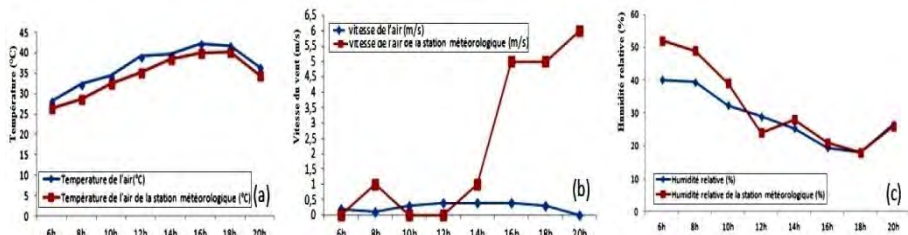


Fig. 9: (a) Graphe relatif à la température de l'air, (b) Graphe relatif à la vitesse de l'air, (c) Graphe relatif à l'humidité relative

La comparaison des résultats mesurés avec les résultats enregistrés à la station météorologique, fait apparaître une différence de 1.5°C avec les températures de l'air mesurées sur site, et de 5°C et de 2°C à midi et au coucher du soleil respectivement.

Au niveau du graphe relatif à l'humidité relative, on constate un abaissement de la valeur de l'humidité, au cours de la journée du 15/07/2014.

On a constaté, une diminution de l'humidité relative au cours de cette journée, d'une valeur de 41.1%, à une valeur de 26.5%, mesurée après le coucher du soleil. En la comparant avec celle de la station, il est constaté qu'au début du lever du soleil, la différence entre les deux valeurs est de 11.9%. A midi, l'humidité continue à diminuer (28.9 %).

Même les résultats enregistrés à la station, on constate une diminution de 52% de 6.00 a.m. à 26 % 8.00 p.m. Concernant la vitesse du vent, on remarque que pendant toute la journée, les vitesses de l'air sont très faibles. On note, donc une réduction importante de la vitesse de l'air, par rapport aux vitesses enregistrées à la station, à partir de 4.00 p.m. jusqu'au le coucher du soleil.

5.4 Simulation

Elle est effectuée par le logiciel 'RayMan, 1.2'. Ce logiciel de 3D, calcule le rayonnement (global, direct et diffus), la température du sol, PMV, PET, SET. Il prend en considération les coordonnées géographiques du site étudié, les paramètres climatiques (température de l'air, vitesse du vent, humidité relative et type du ciel), l'environnement physique, simple ou complexe (bâtiments et arbres) [40].

La simulation, déjà citée précédemment, a été réalisée pour connaître le rôle de la végétation sur le confort thermique. Cette dernière a été effectuée pour trois situations de la place publique Ben Badis, Biskra.

- La première situation de la place, avant l'insertion des arbres, (état réel); (figure 10(a)).
- La seconde situation, après l'insertion des arbres, la proposition du concepteur. Basée sur l'idée d'embellir la place par des alignements d'arbres; (figure 10(b)).
- La troisième situation de la place, après l'insertion des arbres est la proposition optimale, pour améliorer le confort thermique de la place publique Ben Badis, Biskra, Algérie; (figure 10(c)).

Par le biais du logiciel 'RayMan', on a tracé l'ombre pour chaque période de la journée et on a déterminé le SVF, (figures 12, 13 et 15).

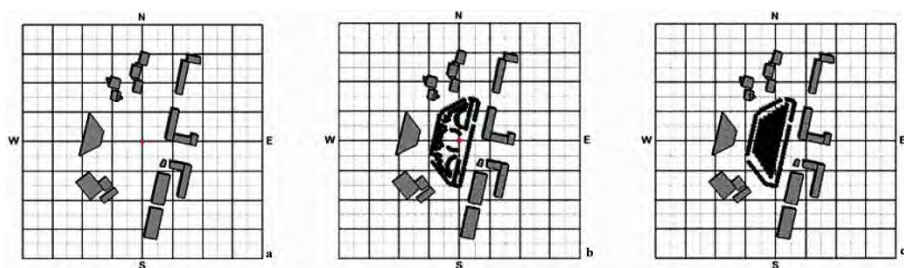


Fig. 10: (a) Situation de la place, avant l'insertion des arbres, état réel; (b) Situation, après insertion des arbres, proposition du concepteur; (c) situation, de la place, après l'insertion des arbres, proposition optimale, (simulation par RayMan)

5.4.1 Choix du type d'arbre urbain à introduire

D'après l'étude faite par Chatzidimiriou, 2006, il n'y a pas de différence tangible dans la température du sol, entre un terrain sous couverture d'arbres ou un autre type de couverture, au moins qu'après 5 p.m. (figure 11(a)). Arborer la place publique dont l'objectif est de créer un masque contre les rayons solaires serait une solution adéquate.

Le choix du type d'arbre utile pour cette tâche, se base sur: la maturité de l'arbre, sa hauteur, la taille de sa couronne, la densité de ses feuillages et à sa capacité d'adaptation au lieu (sol, température, humidité).

Il faut noter que la grande taille de la couronne de l'arbre assure plus d'ombres, surtout à midi où le soleil est à l'azimut [41]. (figure 11(b)). Kotzenn, 2003 [42], confirme que les arbres avec une large couronne sont performants pour les zones arides, puisqu'elle offre une grande surface ombragée.

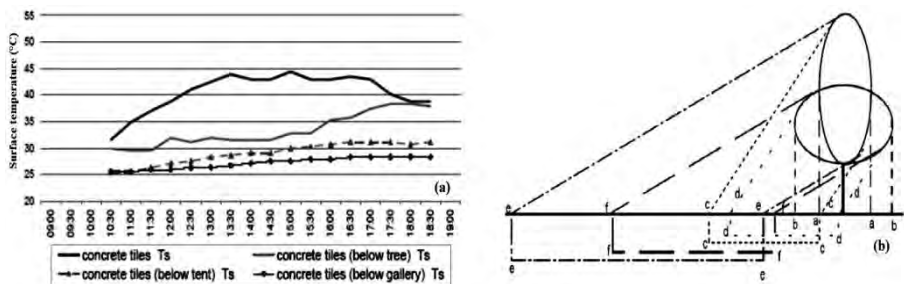


Fig. 11: (a) Graphe relatif aux températures surfaciques des carreaux de béton sous différentes couvertures utilisés pour l'ombrage [43]; (b) Comparaison de la quantité d'ombre créée par une large couronne d'arbre et une autre longue couronne.

Rappelant que notre étude vise à produire de l'ombre par l'insertion de la végétation: l'arbre urbain, au sein de la place Ben Badis, Biskra. En effet, le rôle à jouer par ce dernier, c'est la protection solaire en été.

L'arbre choisi est le 'figus'. Espèce, ficus retusa et Famille, moraceae. Son nom commun est ficus. Il est de la catégorie arbre, d'origine tropicale, du type persistant, de forme port dense érigé et de croissance rapide. En plus, il existe dans la ville de Biskra depuis longtemps et il résiste au climat [44]

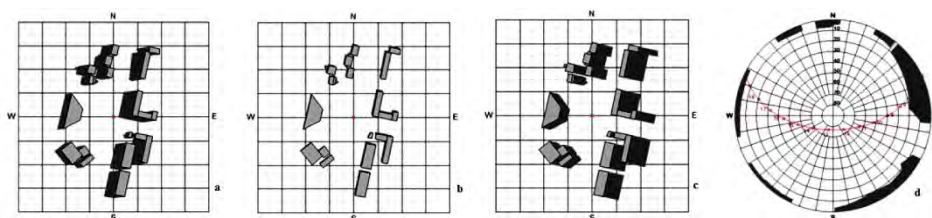


Fig. 12: Situation de la place, avant l'insertion des arbres, état réel;
 (a) Tracé de l'ombre à 8.00 a.m.; (b) Tracé de l'ombre à 12.00 p.m.;
 (c) Tracé de l'ombre à 6.00 p.m.; (d) Diagramme polaire; SVF = 0.902.

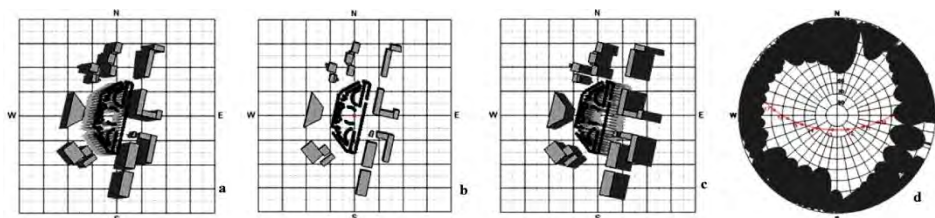


Fig. 13: Situation de la place, après l'insertion des arbres, proposition du concepteur;
 Basée sur l'idée d'embellir la place, par des alignements des arbres.
 (a) Tracé de l'ombre à 8.00 a.m.; (b) Tracé de l'ombre à 12.00 p.m.; (c) Tracé de
 l'ombre à 6.00 p.m.; (d) Diagramme polaire où SVF = 0.508.

5.4.2 Conception (justification)

La figure ci-dessous (figure 14) présente la proposition optimale d'une 'conception de la végétation', laquelle a donné des résultats concluants, par rapport aux autres cas de conception de végétation de la place, avec variantes.

La végétation conçue est basée sur deux paramètres essentiels:

- Le premier, est de ne pas végétaliser toute la surface de la place. L'objectif est de laisser un endroit non couvert pour des usagers qui adorent le soleil. Par ailleurs, il est recommandé d'assurer une végétation avec un rapport 60/40 végétation/espace bâti [45]. Dans notre conception, on est arrivé à 65 % d'espace végétalisé de la surface totale de la place. (figure 15).

- Le second paramètre est de répondre au critère du confort thermique par la création d'un masque ou bien une couverture naturelle contre les rayons solaires. (figure 14(d)).

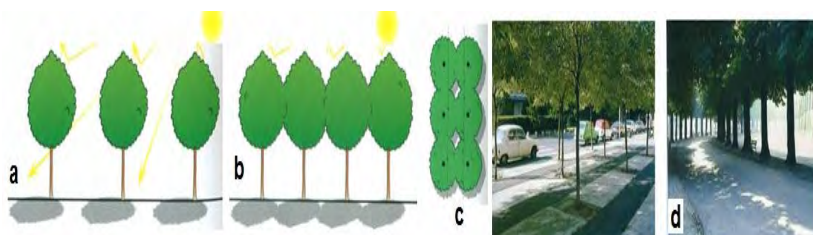


Fig. 14: (a) L'implantation des arbres permet le passage des rayons solaires;
 (b) et (c) un vrai masque aux rayons solaires et ce qui a été adopté
 dans notre conception; (d) présente la qualité de l'ombre.

'Le ficus' offre une ombre plus dense, en plus le type de conception de la végétation, soit par alignement ou bien soit par maille [46].

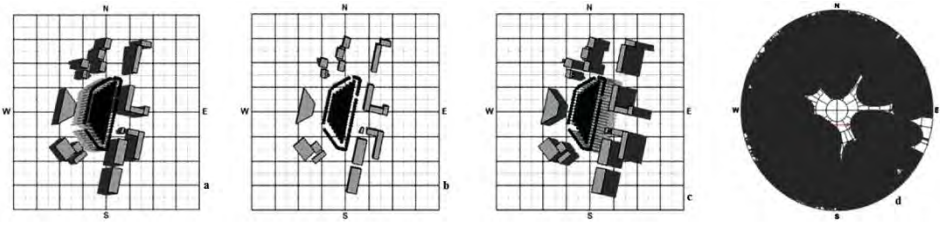


Fig. 15: Situation de la place, après insertion des arbres, proposition optimale pour améliorer le confort thermique de cette place.

(a) Tracé de l'ombre à 8.00 a.m.; (b) Tracé de l'ombre à 12.00 p.m.; (c) Tracé de l'ombre à 6.00 p.m.; (d) Diagramme polaire où SVF = 0.079.

De la figure 12(d), on voit la situation de la place, avant l'insertion des arbres (état réel), avec un SVF = 0.902. De la figure 13(d), on voit la situation, après l'insertion des arbres, la proposition du concepteur, avec un SVF = 0.508. Ensuite de la figure 15(d), le SVF est égal à 0.079.

On constate qu'au niveau de la troisième situation, (proposition optimale), on a pu réduire considérablement le SVF par l'insertion de la végétation et par la manière dont elle était disposée (couverture verte). Cela a atténué à son tour le rayonnement direct et global. (figure 16).

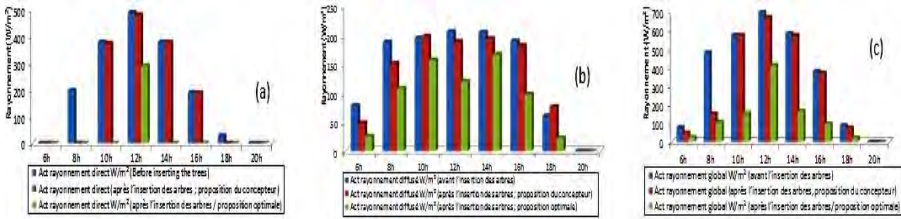


Fig. 16: (a) Graphe relatif à Act rayonnement direct, (b) Graphe relatif à Act rayonnement diffus, (c) Graphe relatif à Act rayonnement global

La végétation a joué parfaitement le rôle du masque et de protection contre les rayons solaires, où on constate l'absence presque totale du 'Act direct radiation' le long de la journée, à l'exception de à midi où le soleil est à l'azimut.

On note que 'Act global radiation' a baissé considérablement par rapport aux autres situations (avant l'insertion des arbres, l'état réel et après l'insertion des arbres, proposition du concepteur) de l'espace urbain étudié (place publique), où il diminue de 200 W/m² à midi et une différence de 300 W/m³ entre 8.00 a.m. et 4.00 p.m.

- Dans la première situation, la température du sol commence par 27.7°C à 8.00 a.m. pour atteindre les 64.8°C à midi et puis elle baisse jusqu'à 32.7°C vers le coucher de soleil, puisque l'espace est exposé au soleil.

- Pour la seconde situation, pas de changement, où presque les mêmes températures sont enregistrées.

- Par contre, dans la troisième situation, la différence était palpable, grâce à la présence de la couverture verte (végétation). L'écart arrive à 20 °C à 10.00 a.m. et 2.00 p.m. Il est à noter qu'à midi, la différence est minime, puisque le soleil est à l'azimut. (figure 17(a)).

Concernant la température moyenne radiante dans la troisième situation (après l'insertion des arbres, proposition optimale), elle n'a pas dépassé la moyenne de 33°C toute la journée à l'exception à midi où elle a fait 54.1°C.

Par contre pour les deux autres situations (avant l'insertion des arbres et après l'insertion des arbres, proposition du concepteur), on note une évolution dès le lever du soleil jusqu'à midi, où on marque 69.0°C. (figure 17(b)).

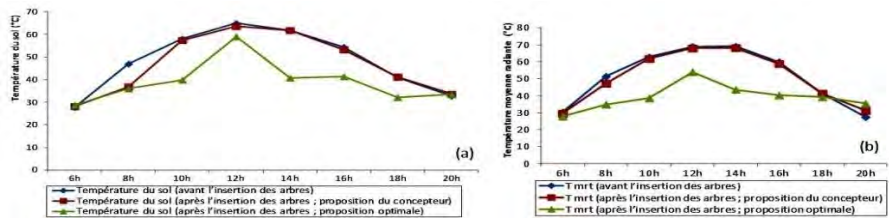


Fig. 17: (a) Graphe relatif à la température du sol
(b) Graphe relatif à la température moyenne radiante

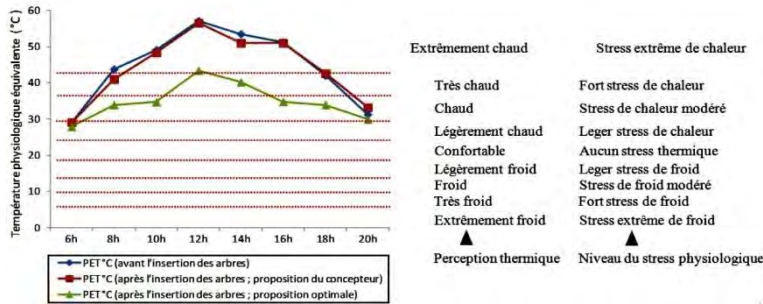


Fig. 18: Graphe relatif à la température physiologique équivalente (PET)

Pour la PET (physiological equivalent temperature), les résultats obtenus pour la troisième situation (après l'insertion des arbres, proposition optimale) montrent une atténuation significative comparée aux résultats obtenus aux autres situations (avant l'insertion des arbres et après l'insertion des arbres, proposition du concepteur), la PET maximum est de 43.4°C à midi, et 40.2°C à 2.00 a.m. Le reste de la journée la PET n'accède pas la bande chaude (stress de chaleur modéré).

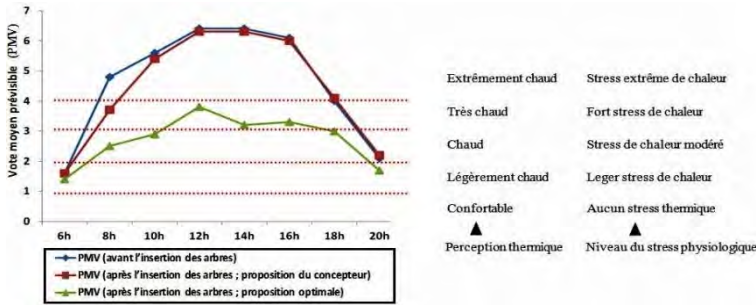


Fig. 19: Graphe relatif au vote moyen prévisible (PMV)

Le PMV (predicted mean vote) obtenu pour la troisième situation (après l'insertion des arbres, proposition optimale) montre une réduction significative comparée à celles obtenues aux autres situations (avant l'insertion des arbres et après l'insertion des arbres, proposition du concepteur). Le PMV maximum est de 3.8 à midi, le reste de la journée il n'accède pas la limite de la sensation chaude.

Par contre les autres situations, le PMV passe de la zone chaude vers la zone très chaude de 8.00 a.m. du matin jusqu'à 18.00 p.m.

6. CONCLUSION

Il s'agit ici de rendre compte du rôle de la végétation (arbre urbain) dans l'amélioration du confort thermique, à la fois sous l'angle du confort des usagers des espaces extérieurs et des économies d'énergie (moins de consommation d'électricité dans les espaces bâtis). Toute plantation d'arbres dans les espaces publics ne devrait pas être une opération à des fins décoratives ou uniquement d'embellissement et d'ornement. Par contre, l'objectif doit être basé sur le besoin primordial des usagers des places publiques et de la population en général. Plusieurs études confirment que l'usage des espaces publics (espaces extérieurs urbains) et le comportement des gens sont en fonction des conditions climatiques.

La végétation (végétal urbain) affecte et améliore le confort thermique de la place publique Ben Badis, Biskra, Algérie, par de nombreuses façons; produisant de l'ombre et en réduisant le rayonnement, la température moyenne radiante et la température du sol; comparativement aux espaces non végétalisés ou bien ces espaces végétalisés dans un but d'esthétique (différentes situations de la place).

La végétation (arbre urbain) introduite au sein de la place publique, et dont sa conception optimale a donné de bons résultats et des grands écarts au niveau des paramètres climatiques et indices. Le facteur d'ouverture au ciel (SVF) de 0.902 pour la situation sans végétation, à $SVF = 0.508$ à la proposition (conception du concepteur), passant à $SVF = 0.079$ pour la situation optimale.

On a noté que Act global radiation, a baissé considérablement par rapport aux autres situations (avant et après l'insertion des arbres, proposition du concepteur). Dont il a diminué de 200 W/m^2 à midi et une différence de 300 W/m^2 de 8.00 à 16.00 heures. Concernant la température moyenne radiante, à la troisième situation (après l'insertion des arbres, proposition optimale), cette dernière, n'a pas dépassé la moyenne de 33°C toute la journée; exception, à midi où elle a fait 54.1°C . La PET maximum est de 43.4°C à midi, et 40.2°C à 14.00 h, le reste de la journée. La PET n'accède pas la bande chaude.

Généralement, les arbres (de type ficus) apportent des améliorations significatives sur le confort thermique aux espaces extérieurs, presque toute la journée, veut dire pendant qu'ils fournissent de l'ombre, et atténuent le rayonnement solaire, ensuite la température moyenne radiante. En effet, les arbres urbains augmentent la qualité environnementale de l'espace extérieur urbain et le confort thermique dans les villes sahariennes et à climat aride.

7. REFERENCES

- [1] M. Joannon, '*Développement et Mutations au Sahara Maghrébin*', J. Bisson, In: Méditerranée, Tome 76, 1992.
- [2] A. Mahimoud, '*L'impact des Formes Urbaines Nouvelles sur le Microclimat d'une Ville Appartenant Au Milieu Aride – Cas de la Zhun Ouest à Biskra*', Sciences & Technologie D, N°31, pp. 81 - 88, 2010, Université Mentouri Constantine, Algérie.
- [3] A. Hanafi, '*Les Espaces Publics entre la Logique de la Conception et l'Usage Quotidien / Cas des Places et Placettes de la Ville de Biskra / Algérie*', 444 p., Université de Biskra, Algérie, Juin 2010.
- [4] B. Givoni, M. Noguchi, H. Saaroni, O. Pochter, Y. Yaacov, N. Feller and S. Becker, '*Outdoor Comfort Research Issues*', Energy and Buildings, Vol. 35, N°1, pp. 77 - 86, 2003.
- [5] M.H. Nikolopoulou and S. Lykoudis, '*Use of Outdoor Spaces and Microclimate in a Mediterranean Urban Area*', Building and Environment, Vol. 42, N°10, pp. 3691 - 3707, 2007.

- [6] M.H. Nikolopoulou, N. Baker and K. Steemers, '*Thermal Comfort in Outdoor Urban Spaces*', In Proceedings PLEA 1998: Environmentally Friendly Cities. James. 1998.
- [7] S. Reiter, '*Elaboration d'Outils Méthodologiques et Techniques d'Aide à la Conception d'Ambiances Urbaines de Qualité pour Favoriser le Développement Durable des Villes*', Thèse de Doctorat, Université Catholique de Louvain, UCL, 2007.
- [8] A. Chatzidimitriou, N. Chrissoumallidou and S. Yannas, '*Ground Surface Materials and Microclimates in Urban Open Spaces*', PLEA, the 23rd Conférence, Genève, Suisse, 6-7 Sep. 2006.
- [9] J.P. Troche, '*Pourquoi, Où et Comment l'Information Climat Intervient-Elle dans la Pratique des Urbanistes*', Physio- Géo, N°16, CNRS.U.A. Meudon, pp.17-24, 1986.
- [10] T. Haider, '*Urban Climates and Heat Islands: Albedo, Evapotranspiration, and Anthropogenic Heat*', Energy and Buildings, Vol. 25, N°2, pp. 99 - 103, 1997.
- [11] G. Guyot, '*Climatologie de l'Environnement*', Edition Dunod, Paris, 1999.
- [12] J. Vinet, '*Contribution à la Modélisation Thermo-Aéraulique du Microclimat Urbain. Caractérisation de l'Impact de l'Eau et de la Végétation sur les Conditions de Confort en Espaces Extérieurs*', Sciences de l'Ingénieur, Université de Nantes, 2000.
- [13] W. Kadri, '*Végétation Urbaine : entre Effets Microclimatiques et Représentations des Usagers - Cas de la Ville d'Alger*', Mémoire de Magistère Option: Architecture et Environnement, EPAU, Alger, 2012.
- [14] J.L. Izard et K. Lehtihet, '*Chapitre A.2, La Végétation Urbaine et Partie A, Synthèse Bibliographique*', Saga Cités, 46 p., 2002.
- [15-16] M.F. Shahidan, K.M.S. Mustafa and S. Elias, '*Effects of Tree Canopies on Solar Radiation Filtration in a Tropical Microclimatic Environment*', PLEA 2007 Conference. Singapore, 2007.
- [17] K. Hamel, '*Ville Compacte: Une Forme Urbaine d'une Ville Durable En Régions Arides - Etude du Cas de la Ville de Biskra*', Mémoire de Magister en Architecture, Architecture et Habitat dans les milieux arides et semi arides, Département d'Architecture, Université Mohamed Khider, Biskra, 2005.
- [18] C.M. Gillig, C. Bourgery et N. Amann, '*L'arbre en Milieu Urbain ; Plantations, Conception et Mise en Œuvre*', Infolio, 216 p., 2008.
- [19] S.L. Bellara et S. Abdou, '*Effet de l'ombrage sur le Confort Thermique et Visuel dans les Espaces Extérieurs : Cas de L'esplanade de l'Université Mentouri de Constantine, Est de l'Algérie*', Revue, Nature & Technologie, N°7, pp. 26-37; 2012.
- [20] J.L. Izard et A. Guyot, '*Archi bio*', Editions Parenthèses, 131 p., 1979.
- [21] A. Farhi, '*Biskra: de l'oasis à la ville saharienne*', In: Méditerranée, Tome 99, 3-4-2002. Le sahara, cette «autre Méditerranée», F. pp. 77 - 82, 2002.
- [22] Rapport, '*Atlas Solaire de l'Algérie*', O.P.U, Alger; 1985.
- [23-25] M. Capderou, '*Atlas Solaire de l'Algérie*', Tome 1-3, O.P.U, Alger, 1987.
- [26] L.B. Bouzaher and D. Alkama, '*Palm Trees Reuses as Sustainable Element in the Sahara. The Case of Ziban, as Self-Sustainable Urban Units*', Energy Procedia, N°18, pp. 1076 - 1085, 2012.
- [27] L. Sriti, '*Architecture domestique en devenir, formes, usages, et représentations- le cas de Biskra*', Thèse de Doctorat, Département d'Architecture, Université de Biskra, 588 p., 2012.
- [28] M.E. Matallah, '*L'impact de la morphologie des tissus urbains sur le confort thermique extérieur -, Cas d'étude ville de Tolga*', Mémoire de Magister en Architecture, Université Mohamed Khider, Biskra, 2015.
- [29] A. Matzarakis, H. Mayer and M.G. Iziomon, '*Applications of a Universal Thermal Index: Physiological Equivalent Temperature*', International Journal of Biometeorology, Vol. 43, pp. 76 - 84, 1999

- [30] A. Matzarakis and B. Amelung, '*Physiological Equivalent Temperature as Indicator for Impacts of Climate Change on Thermal Comfort of Humans*', 1996.
- [31] H. Mayer, '*Another Kind of Environmental Stress: Thermal Stress*', WHO, Collaborating Centre for Air Quality Management and Air pollution Control, Newsletters, 1996.
- [32] J. Alkama et M. Boukhabla, '*The Effect of Urban Morphology on Urban Heat Island – Case Study City of Biskra/Algeria*', 2010.
- [33] A. Matzarakis, F. Rutz and H. Mayer, '*Modelling Radiation Fluxes in Simple and Complex Environments – Application of the RayMan Model*', International Journal of Biometeorology, Vol. 51, pp. 323 - 334, 2007.
- [34] A. Olgay and V. Olgay, '*Solar Control and Shading Devices Princeton University*', Press Princeton 1957.
- [35] B. Kotzenn, '*Investigation of Shade Under Six Different Tree Species of the Niger*', Journal of Arid Environment, 2003.
- [36] M. Maaoui, '*Station de Bio Ressources Eloutaya, Atlas Plantes Ornementales des Ziban*', Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides, Omar El Barnaoui, 2014.
- [37] Tareb, '*Energie dans l'Environnement Urbain - Architecture Basse Energie*', Chapitre 4, Cité par C. Kedissa, 2010.