
Soumis le : 14 Mars 2011

Forme révisée acceptée le : 04 Novembre 2011

Email de l'auteur correspondant :

samiralouafi@yahoo.fr

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.

Samira LOUAFI BELLARA^{*}, Saliha ABDOU^{*}

^{*}Laboratoire ABE (Architecture Bioclimatique et Environnement), Université Mentouri Constantine, Algérie.

Résumé

Cette recherche vise à étudier et analyser l'effet de la végétation urbaine sur les microclimats, le confort thermique et visuel dans les espaces extérieurs. La méthode expérimentale utilisée fait appel aux techniques d'observation et des mesures in situ. Une application sur un cas réel en milieu urbain a été faite. Il s'agit d'un espace extérieur situé au sein de l'esplanade du campus de l'Université Mentouri de Constantine (climat méditerranéen semi aride), les usagers sont des étudiants et des visiteurs. Le champ de l'observation et l'investigation ont retenu la dimension climatique ainsi que les paramètres d'ambiances d'ensoleillement, d'humidité relative, de température ambiante et les facteurs lumineux. Les résultats confirment le rôle de l'ombrage par la végétation qui influe sur la qualité du cadre de vie, la création d'ambiance urbaine et sur les situations de confort thermique et visuel des usagers.

Mots clés: Végétation ; Confort ; Ambiance climatique ; Espace extérieur ; Constantine ; Climat semi aride.

Abstract

This research aims to study and analyse the effect of the urban vegetation on microclimates, thermal and visual comfort in external spaces. The experimental method used calls upon the techniques of observation and measurements «in situ». An application on a real case of an external space located on the esplanade of the University Mentouri of Constantine (Algeria), Mediterranean climate, hot and dry. The results confirm the role of the shade by the vegetation which influences the quality of life, the creation of urban ambience and on the situations of thermal and visual comfort for this type of climate.

Keywords: Vegetation; Comfort; Climatic ambience; External space; Constantine; Hot and dry climate.

1. Introduction

Le climat a toujours été considéré comme un des éléments majeurs de la dynamique et de l'ambiance d'une ville. Dans les villes à climat aride et semi aride, l'objectif est toujours d'éviter les rayons solaires directs et de rechercher l'ombre et la fraîcheur. Cependant, dans les tissus urbain récents, les espaces extérieurs urbains, généralement très ouverts, sont assaillis de toutes parts et à toutes heures par un soleil chaud et ardent.

En période estivale se développent de plus en plus fréquemment des problèmes microclimatiques tels que le stress thermique, les brumes et smogs, les pics de pollution et de consommation d'électricité pour la climatisation liés au phénomène d'îlot de chaleur [1].

Les ambiances urbaines se résument comme une résultante de la convergence des caractéristiques spatiales et physiques du lieu et de l'interprétation

(comportementale, orale, spirituelle) des individus [2]. Le confort thermique extérieur est l'un des facteurs qui influencent les activités dans les espaces extérieurs [3]. La quantité et l'intensité de chaque activité sont affectées par le niveau d'inconfort éprouvé par les individus lorsqu'ils sont exposés aux conditions climatiques dans ces espaces extérieurs. Dans ce contexte, plusieurs études [4-6] montrent que l'usage des espaces publics et le comportement des individus sont fonction des conditions climatiques.

Les effets positifs du confort des personnes dans l'espace extérieur d'après S, Reiter [7] sont nombreux :

- l'amélioration de la qualité du cadre de vie à l'extérieur
- l'accroissement de l'utilisation de ces espaces urbains (place, placette...) pour les rencontres, mixité, détente...
- la diminution des consommations d'énergie liées à l'utilisation de l'espace extérieur ;
- la valorisation de l'image de la ville ;

- la limitation des nuisances environnementales...

Le mode d'utilisation d'un espace extérieur dépend en partie des conditions microclimatiques qui peuvent accroître, limiter, modifier ou diriger son usage. Pour répondre à la question sur la relation qui lie les conditions de confort dans l'espace extérieur et son utilisation par les usagers, M.Nikolopoulou et al (1998, 2001), à travers une étude sur des places publiques en Angleterre, ont pu vérifier que l'utilisation de ces derniers était fonction des conditions climatiques [8, 9] et fonction des conditions de confort qu'elles offrent aux usagers.

Chatzidimitriou.A et al, (2006) ont révélé l'importance de l'ombrage des surfaces pavées. Les surfaces ombragées ont des températures surfaciques inférieures de 21% que la température de l'air, et sont plus fraîches de 40% que les mêmes surfaces exposées aux rayons solaires [10].

Le traitement des espaces extérieurs permet d'atténuer la rudesse des contraintes climatiques autour des bâtiments et des espaces extérieurs ouverts pour, d'une part, rendre confortables le plus longtemps possible ces lieux de vie occupés une partie de la journée en région méditerranéenne et, d'autre part, améliorer le confort des locaux.

Le microclimat de ces espaces est influencé par plusieurs paramètres tels que la géométrie de l'espace, la végétation, l'eau et les propriétés thermiques des surfaces. Il est possible d'améliorer les conditions de confort d'un espace extérieur en tenant compte de l'aménagement urbain. La végétation a divers effets sur l'environnement

urbain, au-delà du rôle esthétique et de la sensation plaisante de proximité avec la nature que les arbres et la végétation fournissent ; elle peut stabiliser le sol, permettre l'ombrage de grande surface des parois horizontales et verticales, fournir un habitat à la faune, faire écran au bruit et améliorer la qualité de l'air.

Les arbres ont naturellement un rôle de climatiseurs passifs, puisque à la fois ils génèrent de l'ombre, absorbent les flux radiatifs et la chaleur sensible de l'air par l'évapotranspiration. Par son ombrage, la végétation plantée en milieu urbain modifie les ambiances physiques (lumière, chaleur, structure, vent, son, humidité). Elle influe sur la perception et l'appropriation des espaces urbains par les usagers [11, 12]. Outre la valeur esthétique paysagère et sociologique, la présence des arbres permet de modifier le microclimat et peut améliorer les conditions de confort [10].

La végétation est une composante indispensable dans les projets architecturaux et urbains, elle permet de minimiser et d'intercepter les radiations solaires, un paramètre très important du confort à l'extérieur. Avec l'effet d'ombrage et l'effet de refroidissement par évaporation, elle permet de réduire les températures de l'air. Comme elle peut atténuer le bruit urbain et créer une ambiance plus raffinée.

La qualité des espaces extérieurs urbains présente un intérêt majeur et il est reconnu que ces espaces peuvent contribuer à une bonne qualité du cadre de vie (figure.1) tout comme, à l'opposé, accroître l'isolement et l'exclusion, ceci dépend de l'environnement physique.

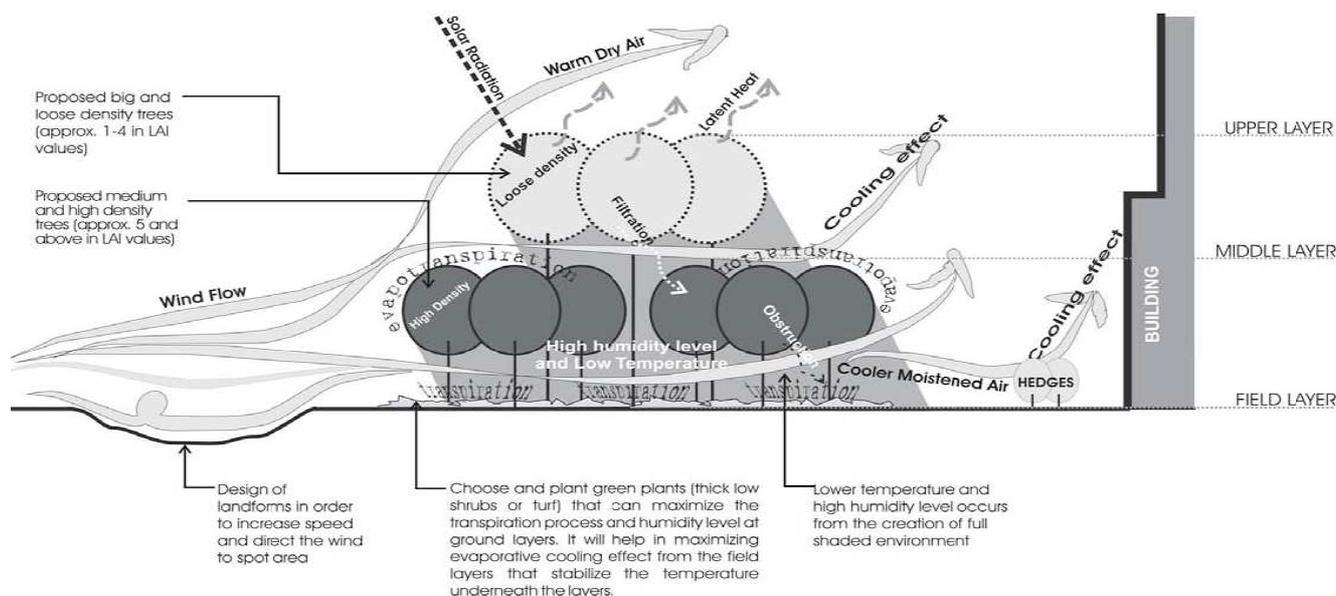


Fig.1. Diagramme schématisant le processus pour la modification des composantes microclimatiques basé sur la théorie de la plantation pour une haute qualité environnementale dans l'espace urbain [13].

Les arbres et la végétation embellissent l'espace extérieur et améliorent la qualité du cadre de vie des utilisateurs. Les arbres, plantés le long des rues et dans les parcs, autour des maisons et des commerces ou dans les espaces verts disséminés à travers la ville, améliorent la qualité de l'air et de l'eau. Les espaces verts urbains offrent des possibilités de récréation et rendent les espaces extérieurs plus agréables [13].

Les deux effets principaux de la végétation d'après Ruos (2004) sont :

- L'effet d'ombrage du rayonnement solaire (la plupart des arbres feuillus ont une transmissivité faible à l'égard du rayonnement solaire ; entre 2 et 5%) [14] ;
- La conservation d'une température du feuillage proche de celle de l'air.

L'effet rafraîchissant de la végétation est dû aux effets combinés d'une réduction de la température de l'air, d'une réduction de la radiation solaire, d'un accroissement de l'humidité relative, mais aussi une réduction des vents et une modification locale de leur direction. La principale différence entre le rafraîchissement dû à la végétation et celui dû aux structures construites par l'homme, est que les matériaux inorganiques ont une capacité de rafraîchissement limitée due à leurs caractéristiques thermo physiques, alors qu'une plante est un organisme vivant dont le développement de ses branches et de ses feuilles optimisera l'usage du rayonnement solaire (figure.2).

D'après Brown et Gillespie (1995), une simple feuille absorbe **80%** des radiations visibles, réfléchit **10%** et transmet **10%** (figure.3)

Tous les arbres peuvent filtrer approximativement **80-90%** de radiations solaires selon leur densité foliaire et la disposition et types de feuillages [16].

Le rayonnement, pénétrant dans la végétation, est progressivement réduit par le feuillage et seulement une fraction du rayonnement incident sur les couverts végétaux atteint le sol. Le degré de réduction dans la végétation dépend de l'intensité du rayonnement au-dessus de la végétation et de la distribution verticale des éléments de la plante, qui est caractérisée par la densité du feuillage.

L'objectif de cette recherche est de comparer la performance de l'ombrage d'un espace par la végétation à un espace exposé totalement à la radiation solaire et à un espace ombragé par une structure tendue en béton.

2. Site d'expérimentation (l'esplanade de l'Université Mentouri de Constantine)

L'enquête a été conduite à Constantine, une ville algérienne située à 36°17 Nord (latitude) et 07°23 Est (longitude). L'altitude est d'environ 687 m au-dessus du niveau de la mer. Cette ville est caractérisée par un climat méditerranéen semi aride qui est chaud et sec en été, avec une température maximale moyenne de 36°C aux environs de 15h et un taux d'humidité d'environ 25% tandis que l'hiver est froid et humide ; de plus, les intensités solaires de radiation sur la région sont très élevées avec un ciel dégagé et des périodes ensoleillées occupant une grande part du jour. La direction du vent vient généralement du Nord avec une vitesse moyenne atteignant 2.1 m/s. Tout ceci contribue à la rudesse climatique de la ville de Constantine.

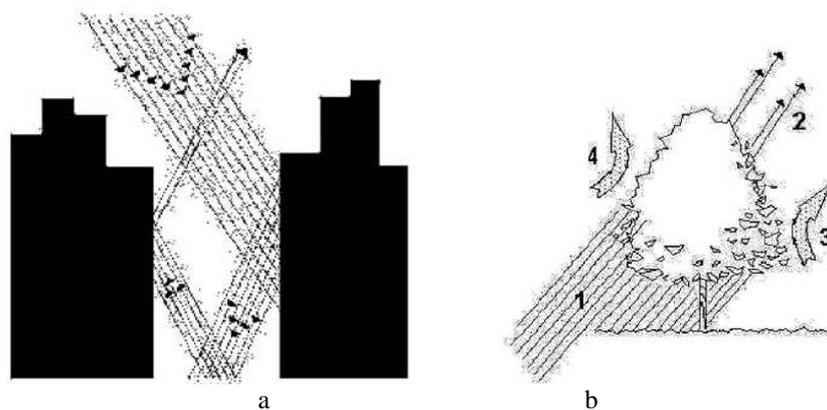


Fig. 2. Radiation solaire dans l'espace [15]

(a) absorbée et réfléchi par les matériaux des constructions.

(b) en contact avec l'espace végétal est utilisée pour la transpiration des plantes et la photosynthèse qui influence la température de l'air :

1-ombrage 2-réflexion 3-convection 4- évapotranspiration.

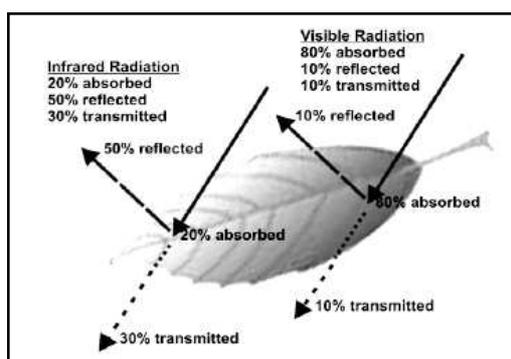


Fig. 3. Absorption, transmission et réflexion de la radiation solaire par le feuillage [17].

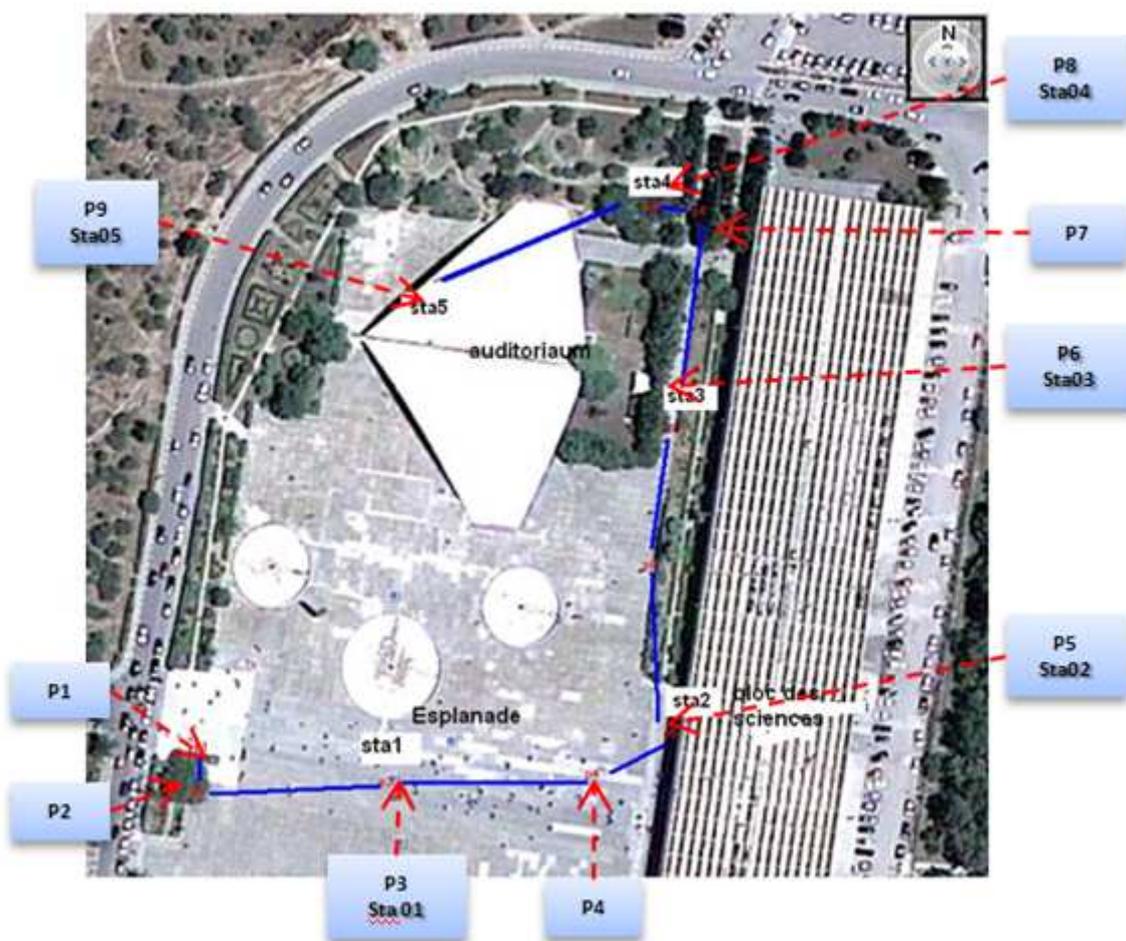


Fig. 4. Les différentes stations et points de mesures sur le parcours choisis.

L'objet d'étude est un espace extérieur ouvert, celui de l'esplanade de l'université de Constantine, caractérisé par une grande étendue de béton dénuée totalement de la végétation, et d'autres espaces végétalisés et destinés à la récréation des étudiants.

L'étude a pris comme référence le parcours résumé dans la figure.4 et les stations reportées en figure.5 correspondant à un déplacement depuis l'esplanade vers les amphis du Bloc des Lettres et vers le restaurant des étudiants.



Fig. 5. Vue du site d'investigation et la localisation de différentes stations

3. Méthodologie

La démarche suivie dans ce travail a pour objectif de mettre en évidence l'impact de la végétation sur la qualité d'ambiance, sur la fréquence de l'appropriation de l'espace extérieur et sur les comportements des usagers, par la comparaison des différents modes d'ombrage et leurs effets sur la température de l'air, sur l'humidité de l'air, sur la luminosité de l'espace et sur la qualité d'ambiance observée.

La méthodologie consiste en une observation des comportements des individus par un groupe d'enquêteurs et une série de mesures physiques des paramètres climatiques (température de l'air, humidité relative de l'air, vitesse des vents et luminance) qui est effectuée dans plusieurs points de mesures (figure.4). Les mesures et les observations sont réalisées en période de surchauffe pendant le mois de juin. Celles-ci sont effectuées simultanément durant une semaine (du 21 au 30 juin), et au niveau des stations retenues (figure.5) dont l'importance de l'exposition est variable, allant d'une station exposée aux radiations solaires intenses à des stations ombragées : soit par la végétation, l'ombre d'une construction ou celle d'une couverture en béton. Une journée type est choisie pour représenter les résultats d'interprétation détaillés. Les mesures de température de l'air, de l'hygrométrie, de la vitesse du vent, du

rayonnement solaire et de la luminance sont faites à l'aide d'instruments numériques.

Les mesures sont situées à une hauteur de 1.50 mètre approximativement. La majorité des mesures sont prises sous des conditions de vent faible de l'ordre de 1.0 à 1.50m/s.

Ces mesures bi horaires sont prises durant le jour de 9h00 à 16h00, dans chacune des stations décrites précédemment.

Les déplacements des étudiants utilisant l'espace sont suivis par l'utilisation d'une caméra vidéo pour surveiller leur comportement (marcher, s'asseoir...).

4. Résultats et discussion

4.1. Résultats d'observation

À chaque point de mesure fixe les enquêteurs remplissent une ligne sur la grille d'observation. Cette dernière permet de compléter l'approche dynamique en contrôlant certaines variables d'influences telles que les conditions du ciel, la direction du vent, la position et les conditions auxquelles l'enquêteur est exposé (au soleil, à l'ombre). La grille d'observation permet également de chronométrer le temps du passage dans le parcours, et principalement de porter un jugement qualitatif sur les paramètres constituant l'environnement thermique (Q-

TH), visuel (Q-Vi), acoustique (Q-Ac) et olfactif (Q-Ol)[18]. Il s'agit ici de porter un jugement subjectif d'un groupe de 15 individus sur la qualité des ambiances thermiques, visuelles, acoustiques et olfactives à travers

une échelle nominale allant de 0 à 100, où le 0 signifie une sensation très inconfortable tandis que 100 exprime la sensation très agréable (voir tableau 1).

Tableau 1

Echelle	0	25	50	75	100
Appréciation	Très inconfortable	inconfortable	Neutre	agréable	Très agréable

Echelle d'appréciation pour les cinq points psychophysiques (Q-Th, Q-Vi, Q-Ac et Q-Ol) utilisés dans le cadre de cette recherche

Q-Th : qualité thermique ;

Q-Vi : qualité visuelle ;

Q-Ac: qualité acoustique ;

Q-Ol: qualité de l'air.

Tableau 2

Rose des ambiances physiques (a), Th: qualité thermique; Vi: qualité visuelle; Ac: qualité acoustique et Ol: qualité de l'air. Photo, station de mesure (b) (le 26 juin 2009 à 12h: 00:00)

Station	Rose des ambiances physiques (a)	Photo, point de mesure (b)	Caractéristiques
Sta1			<p>Espace non ombragé, Pavage béton couleur clair, Espace ouvert</p>
Sta2			<p>Pavage béton ombragé par le bâtiment d'orientation Nord-Sud</p>

Station	Rose des ambiances physiques (a)	Photo, point de mesure (b)	Caractéristiques
Sta3			<p>Passage de pavage en carreau de béton ombré par végétation d'une seule rangée type conifère</p>
Sta4			<p>Espace couvert par une masse végétale et sol gazonnée, Végétation type caduque arbre saule pleureur</p>
Sta5			<p>Espace couvert par une structure tendue en béton Sur une hauteur maximal de à 03 mètres</p>

Le graphique de la station de mesure Sta1 dans le tableau2 montre que les enquêtés sont satisfaits des conditions acoustiques et olfactives du lieu. Cependant une sensation d'inconfort thermique et visuel a été ressentie. Elle est due essentiellement à la forte intensité lumineuse du rayonnement solaire direct et diffus de l'espace nu et exposé aux radiations solaires intenses. D'après la grille d'observation du même jour, les

enquêtés ont pu s'ajuster à leur environnement visuel en portant des lunettes de soleil et en protégeant leurs yeux par des objets pour créer de l'ombre tout en poursuivant leur parcours (tableau2) Sta1 et Sta2. Ce qui explique l'inconfort visuel ressenti en passant par l'espace. La rose des ambiances du point de mesure Sta3 situé sur un parcours protégé par des arbres d'alignement avec une forte densité foliaire (végétation type conifère), indique une satisfaction des conditions acoustiques et olfactives

du lieu, une sensation de neutralité vis-à-vis de l'environnement thermique et visuel a été perçue. Ce qui explique l'utilisation de l'espace par les étudiants durant la période de repos pour le repas et pour le regroupement. On remarque que la présence de la végétation met en valeur la lumière, en créant des jeux d'ombre qui assurent une transition entre différentes zones perçues dans la station sta4. Elle délimite également un espace privilégié pour le regroupement des étudiants ce qui conforte les conclusions de Stefulesco, Agus et B Purnomo [19,20]. La végétation intercepte les rayons solaires créant ainsi des ombrages qui minimisent la température de l'air. De plus, l'effet de l'évapotranspiration de l'arbre augmente l'humidité de l'air.

Par contre la station Sta5 présente une insatisfaction vis-à-vis des ambiances acoustiques due à la réflexion de l'onde sonore des murs et couverture en béton, et marque une neutralité de l'environnement thermique et visuel.

En effet, ces graphiques montrent le niveau de satisfaction d'un individu à l'égard des conditions environnementales déterminant son lieu. Cependant, ces graphiques ne permettent pas de qualifier les conditions du confort d'un lieu car ils sont basés sur le jugement subjectif d'un groupe d'observateurs.

De la comparaison des différentes situations (Figure 6) on peut déduire que l'espace extérieur peut être affecté par la présence de la végétation qui joue une part importante dans sa qualité environnementale [21,7]. Les points des Sta3, Sta4 et Sta5 sont plus confortables que les stations Sta1 et Sta2 grâce à l'effet d'ombrage. La présence de la végétation peut atténuer les radiations solaires intenses par l'effet de la réflexion et l'absorption des rayonnements solaires (figure. 3). Par conséquent l'ombrage est important dans l'utilisation des espaces extérieurs.

Cet effet résulte des échanges importants produits dans l'arbre et dont le rayonnement solaire est absorbé par la majorité des feuilles [16, 17, 22], qui donne place à l'évapotranspiration, qui est un phénomène déterminant pour la température de l'air [23].

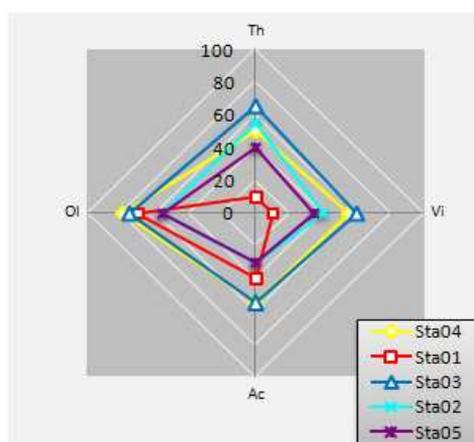


Fig. 6. Comparisons de différentes ambiances physiques

La qualité de l'ombre créée par la végétation est déterminée par les caractéristiques de ses matériaux constitutifs (masse foliaire, densité, taille de la couronne, type de feuillage). La protection la plus efficace en espace extérieur est de réduire au maximum l'exposition de l'espace au soleil entre 10h00 du matin et 15h00 de l'après midi, quand les gens sont dehors. Il est important que l'utilisateur se protège du soleil ardent en utilisant les espaces ombragés.

4.2. Résultats d'investigation

Le premier intérêt de l'étude sur un parcours déterminé a été de déceler les variations entre les différents secteurs d'espaces extérieurs. Nous nous sommes intéressés principalement aux variations des températures et des humidités relatives. Pour les vents, nous avons essayé de sélectionner des journées calmes. Il en est de même pour les mesures de variation des luminances dans le parcours.

Le dépouillement des valeurs obtenues nous a permis d'aboutir aux constatations suivantes:

4.2.1. Variation des températures et humidités relatives de l'air dans les stations à midi

La présence des arbres accentue le taux d'humidité relative dans l'air et minimise la température par la transpiration [24], ceci parce que la végétation a produit un flux thermique plus latent qui peut modifier le climat local.

Les résultats de thèses prouvent que l'espace ouvert est plus chaud que les environnements sous les différents types d'ombrage. Nowak (1995) a indiqué que les arbres affectent la température de l'air, l'absorption de rayonnement, le stockage de chaleur, la vitesse du vent, l'hygrométrie et l'albédo extérieur[25].

L'effet de la végétation sur la température de l'air a été prouvé par de nombreux chercheurs dans le monde [26-30].

La figure 7 montre la variation de la température et de l'humidité relative de l'air des diverses stations de mesures physiques durant le parcours de 12h30 jusqu'à 13h00 ; moment où le soleil est au zénith. Les mesures ont permis de mettre en évidence de grandes variations entre les différentes stations ; la végétation donc a pu réduire les températures d'air et augmenter le taux d'humidité relative de l'air. Ces conditions font que ces espaces sont plus appréciables pour le regroupement ou le passage (tableau2 ; Sta3 et Sta4). Nous notons une différence de 2°C entre un espace avec la végétation et d'autres sans végétation. De même pour l'humidité relative qui augmente aux endroits où la végétation est présente. Les conditions sont donc améliorées par l'effet bioclimatique de la végétation [8,20, 27,31].

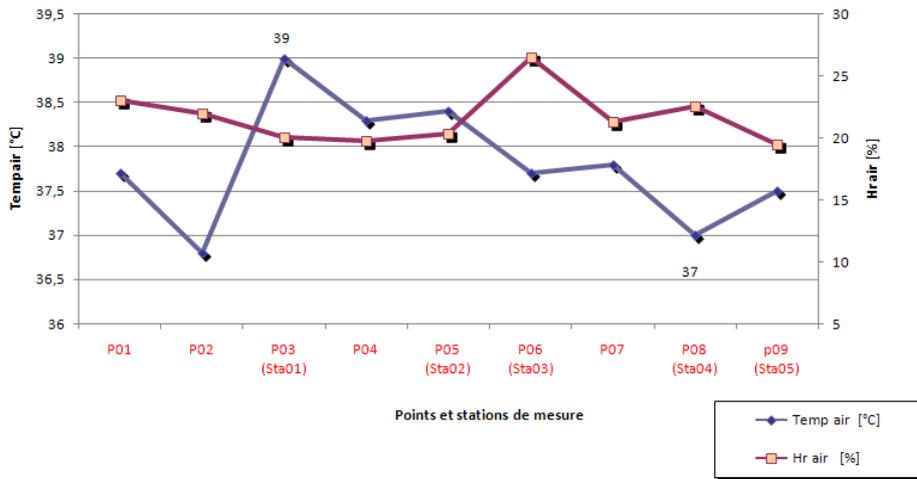


Fig. 7. Variation des températures de l'air et des humidités relatives suivant le parcours le 26 Juin 2009 entre 12h30 et 13H00.

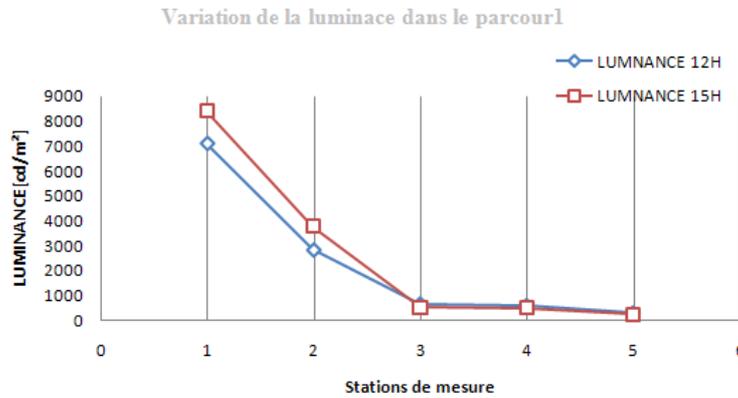


Fig. 8. Variation des luminances (Cd/m²) dans les différentes stations du parcours à 12h00, le 26 Juin 2009

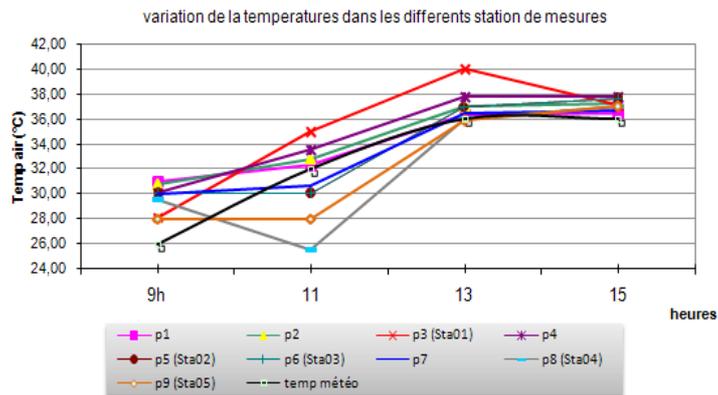


Fig. 9. Comparaisons de différentes stations de mesures dans le parcours, journée du 26 Juin 2009.

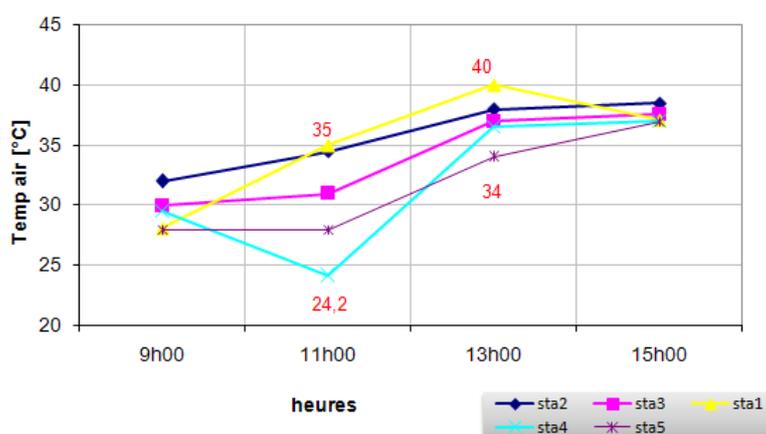


Fig10. Comparaisons des températures de l'air des cinq stations de mesure durant la journée du 23 Juin 2009.

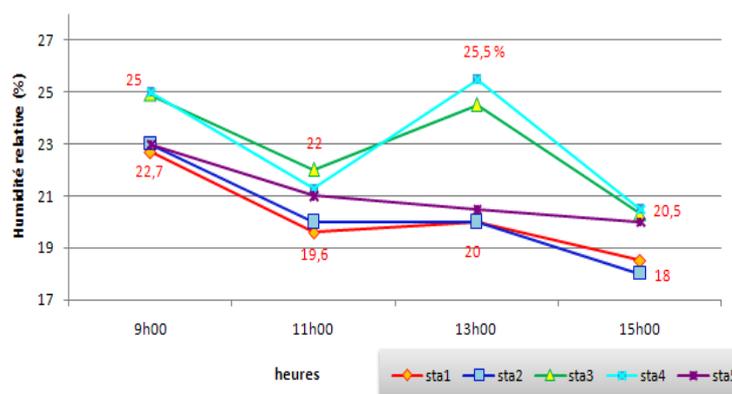


Fig11. Comparaisons des humidités relatives de l'air des différentes stations de mesure durant la journée du 23 Juin 2009.

4.2.2. Variation des luminances dans les stations à midi

La mesure de la luminance est beaucoup plus révélatrice de la perception de l'usager de l'espace puisqu'elle informe de la qualité de lumière réfléchiée par les objets urbains, ce paramètre a été mesuré à l'aide d'un luminance-mètre.

La luminance d'une surface dépend de l'éclairement de cette surface, de son coefficient de réflexion et de sa brillance[20]. Dans le cas d'une surface parfaitement diffusante, éclairée de façon uniforme, la luminance est proportionnelle au facteur de réflexion de cette surface et à l'éclairement qu'elle reçoit.

L'investigation montre que les espaces dénudés présentent des luminances plus élevées que les espaces ombragés (Figure8) et cela est dû à la quantité de rayonnement solaire réfléchiée par la voûte céleste pour un ciel clair, à la réflexion des surfaces du sol (béton) et aux murs peints en blanc.

La valeur de la luminosité la plus importante est enregistrée sur l'esplanade, un espace ouvert et non ombré Sta1 avec une valeur de 7110 cd/m² à 12h00 et la valeur la

moins élevée enregistrée dans la Sta5 avec une valeur de 300cd/m² une différence de 6810 cd/m²(soit 95%), et une différence entre un ombrage par la végétation de la Sta04 et la Sta01, est de 6400 cd/m² (soit90%) ce qui confirme l'effet d'ombre sur la quantité de lumière dans l'espace, ainsi que l'effet de la végétation dans l'atténuation des radiations solaires et la satisfaction ressentie par les individus (tableau2 , Sta03 et Sta04).

4.2.3. Variation des températures de l'air dans les différentes stations

La relation entre la température de l'air et la présence de la végétation, a été le sujet de cette recherche qui a intéressé beaucoup de groupes de travail et a mené à des résultats différents. Selon la figure 9, la température de l'air dans l'espace ouvert sans végétation est plus élevée que dans d'autres environnements. Les arbres contribuent habituellement à une température de l'air plus fraîche en été, un fait démontré par plusieurs chercheurs [6, 9, 30-33].

La mesure des températures de l'air a permis de mettre en évidence de grandes variations entre les différents points de mesures. La température a augmenté à 9H00 et à 13H00; la courbe de variations s'est ensuite inversée en fin de journée. Un écart de température de l'air entre une station ombragée et une station exposée au soleil de 1°C à 4°C a été remarqué.

La comparaison des températures de l'air relevées sur les différents points d'observation et de mesure du parcours et celle à la station météo a montré que durant la matinée, la plupart des espaces sont plus chauds que la station météo en raison de l'effet de rayonnement thermique nocturne des parois minérales. À midi, seule la station Sta5 s'est refroidie plus vite que la station météo en raison de l'absence du rayonnement solaire. Cependant en fin de journée, l'accumulation thermique dans cet espace a maintenu des températures de l'air de nouveau plus importantes avec des écarts relativement faibles. La lecture des graphes (figure 9 et figure 10) nous permet de déduire que la végétation a un effet dans l'atténuation des rayonnements solaires [27,33,34]. Les différences des températures obtenues dans le cas des stations d'observation sta03 et sta04 justifient cette différence suivant les espèces. Ces écarts varient entre 2°C et 7°C [21, 35, 36,37].

Chaque variété de végétation porte de l'ombre et filtre le rayonnement solaire suivant la forme, la taille et la densité foliaire [21].

Quant aux résultats en termes de variations thermiques, il est constaté qu'à 9h00, les températures de l'air sont très proches que ce soit pour les stations sous la canopée de la végétation ou bien celle couverte par une structure en maçonnerie béton (Sta5). Par contre à 11h00 et à 13h00 les résultats montrent une différence entre les températures enregistrées pour les stations ombrées par la couverture végétale et celles ombrées par la structure, que ce soit le mur ou la couverture en maçonnerie. Ce qui démontre l'effet de la végétation dans l'atténuation des radiations solaires.

4.2.4. Variation de l'humidité relative de l'air dans les différentes stations de mesure

Nombreux sont les chercheurs qui ont vérifié les effets de la vaporisation de la chaleur latente par la végétation [1, 17]. L'espace végétal présente des taux d'humidité de l'air plus élevés que ceux dépourvus de végétal et ceci est provoqué par la transpiration des arbres (figure11); cet effet est positif lorsque l'eau s'évapore dans l'air sec. Selon la figure 11 l'écart varie entre 3% et 6% à 11h00 et à 13h00 [28, 38,39].

5. Conclusion

La végétation peut affecter le microclimat de nombreuses façons, en réduisant notamment la température de l'air

comparativement à des surfaces non végétalisées, tout en procurant de l'ombrage. Le rayonnement peut être influencé par les structures urbaines, la végétation, la nature et la couleur des matériaux.

La végétation apporte des améliorations esthétiques à un environnement autrement dominé par l'asphalte et le béton. Dans cet environnement extérieur, qu'est l'esplanade de l'université de Constantine, la végétation (les arbres) a des effets positifs sur les températures de l'air, sur l'ombrage et l'éclairage de l'espace ainsi que sur les conditions microclimatiques des lieux. On peut noter un abaissement de la température de l'air de 2°C à 7°C selon l'ombre portée et le type de l'espèce, et une augmentation du taux d'humidité relative de l'air de l'ordre de 3% à 6% ce qui favorise l'effet bioclimatique de l'ombrage par la végétation. La quantité de lumière dans un espace ombré est réduite à 90% et 95% ce qui montre l'appréciation visuelle du lieu par l'effet d'ombrage.

D'après les résultats de l'observation et des mesures effectuées, on peut retenir les points saillants suivants :

- La présence de la végétation modifie les rayonnements solaires dans l'espace extérieur, la température et l'humidité relative et favorise le jeu de lumière pour un confort visuel efficace ;
- L'espace végétalisé développe des températures ambiantes plus basses et des humidités plus élevées donc une ambiance hygrothermique plus agréable.
- Il y a une corrélation significative entre végétation, ombre et l'utilisation de l'espace extérieur de l'esplanade ;
- La relation entre végétation /ombre est de l'ordre premier dans le choix des points de regroupement des étudiants.

En effet, le végétal constitue bien souvent une composante importante de l'espace extérieur ouvert, qui contribue fortement à la qualité de son aménagement, et nécessite d'être pris en compte dès l'amont du projet et de sa conception. Pour cela la valorisation des parcours essentiels du campus est recommandée par l'implantation d'arbres à feuille caduque pour la création d'une ambiance plus raffinée.

Généralement les arbres apportent des améliorations significatives sur le confort thermique principalement à midi et en début d'après midi pendant qu'ils fournissent l'ombrage, et atténuent le rayonnement solaire. Par ailleurs, les arbres augmentent la qualité environnementale de l'espace extérieur et le confort thermique et visuel ressentis dans un climat méditerranéen semi aride.

Références

- [1] M Robitu, M Musy, C Inard, D Groleau. Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate Solar Energy, Volume 80, Issue 4, April 2006, Pages 435-447.

- [2] Dj. Rouag-Saffidine. Les ambiances environnementales vers des caractérisations plus tangible. The third architecture and sustainability conference in Biskra Algeria. BASC 2008.
- [3] B Givoni, M Noguchi, H Saaroni, O Pochter, Y Yaacov, N Feller, S Becker. Outdoor comfort research issues, Energy and Buildings, 2003 Vol. 35, pp. 77-86.
- [4] A Boussoulim, C Aimé. Evaluation of the environment and climatic feeling ; Research near users of urban spaces in Marseille and Toulouse within the framework of SAGACité Project Ist Int. Workshop on Architectural and Urban Ambient Environment, Nantes Febrery.6-8, 2002, 12P.
- [5] M Nikolopoulou., S Lykoudis, M Kikira. Thermal Comfort Models for Open Urban Spaces. In: CEE, Designing Open Spaces in the Urban Environment: a bioclimatic approach, Centre for Renewable Energy Sources. Grèce; 2004.
- [6] M Nikolopoulou, S Lykoudis. Use of outdoor spaces and microclimate in a mediterranean urban area. Building and Environment 42 (2007) 3691-3707.
- [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 UCL Université catholique de Louvain 2007.
- [8] M Nikolopoulou, N Baker, K Steemers. Thermal comfort in outdoor urban spaces. In Proceedings PLEA 1998: Environmentally Friendly Cities. James&James. 1998.
- [9] M Nikolopoulou, N Baker, K Steemers. Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. Solar Energy (2001) 70 (3): 227-235..
- [10] A Chatzidimitriou ; N Chrissoumaliidou. ; S Yannas. Ground surface materials and microclimates in urban open spaces , PLEA, the 23rd conférence , Geneve, Suisse, 6-7 Septembre 2006.
- [11] C Emelianoff. Les relations villes-nature : Zones d'ombre ou cécité ?, in : C Lévêque, S Van Der Leeuw, Quelles natures voulons-nous ? Pour une approche socio-écologique du champ de l'environnement, Elsevier, Paris, pp.47-54.
- [12] M Marjory. Le rôle climatique de la végétation urbaine – Culture et Recherche n°113 automne 2007.
- [13] M Sreetheran, E Philip, M Siti Zakiah : Aperçu historique de la plantation d'arbres en milieu urbain en Malaisie. Unasylva 223, Vol. 57, 2006.
- [14] M Nikolopoulou. Ruros « Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces » –Centre for Renewable Energy Sources(CRES), Department of Buildings.2004 ISBN: 960-86907-2-2. (<http://alpha.cres.gr/ruros/>).
- [15] T Georgiadis, F Margelli, S Rossi. Urban green as a microclimate mitigation and energy saving tool. Proceeding of the international congress : Energy, climate and Indoor comfort in Mediterranean Countries, 5-7 Septembre 2007, Genova Italy, pp143-153.
- [16] R D Brownand, T J Gillespie. Microclimate Landscape Design : Creating thermal comfort and Energy Efficiency,1995 . New York: John Wiley & Sons.
- [17] M F Shahidan., K M S Mustafa, S Elias. Effects of tree canopies on solar radiation filtration in a tropical microclimatic environment. Paper presented at the PLEA2007 conference. Singapore 2007.
- [18] F Ouameur. « Morphologie urbaine et confort thermique dans les espaces publics »-mémoire université Laval Québec2007.
- [19] C Stefulesco. L'urbanisme végétal. Paris 1993 I.D.F, 323 p.
- [20] A Budi Purnomo. The influence of building and vegetation shade on human activities in an outdoor space: The case of outdoor space in the campus of Trisakti. University in Jakarta, Indonesia. Trisakti University research institute2003.
- [21] Y Le Corre. « Pattern Ambient »: une entité opératoire de caractérisation et de conception des ambiances urbaines. Nantes: Thèse de doctorat . Université de Nantes 2007, 524p
- [22] 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. » Thèse de doctorat,: Université de Nantes 2000, p. 245.
- [23] L.R Potes. Les effets des arbres sur les écoulements de vents en milieu urbain »Master Sciences Technique des Environnements Urbains., école nationale supérieure d'architecture de Nantes2007
- [24] J Pokorny. Dissipation of solar energy in landscape- controlled by water management and vegetation. RenewableEnergy, 24(2001), 641-645.
- [25] Nowak. Trees pollution? A “TREE” explains it all. In: C Kollin, M Barratt (eds) Proceeding of the 7th National Urban Forest Conference, American Forests, Washington, (1995)DC, pp28-30.
- [26] T R Oke, Boundary layer climates. Mrthuen, London, 1989 p372.
- [27] L Shashua-Barre et M E Hoffman. Vegetation as climatic component in the design of an urban street an empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. Energy and Building 31 (2000) 221_235.
- [28] S Streiling et A Matzarakis. Influence of single and small clusters of trees on bioclimatique of city : case study. Journal of Arboriculture (2003) 29 (6): 309-31.
- [29] F Ali-Toudert et H Mayer. Thermal comfort in an east-west oriented street canyon in Freiburg (Germany) under hot summer conditions. Theor Appl climatol 87(2007):223-237.
- [30] J Spangenberg, P Shinzato, E Johansson, D Duarte. Simulation of Sao Paulo. Rev SBAU Piracicaba 3(2008) (2): 1-19.
- [31] F Gomez, L Gil, J Jabaloyes. Experimental investigation on the thermal comfort in the city: relation- ship with the green areas, interaction with the urban microclimate. Building and Environment 39(2004), 1077–1086.
- [32] T-P Lin, A Matzarakis, R-L Hwang. “Shading effect on long-term outdoor thermal comfort” Building and Environment 45(2010) 213-221.
- [33] S Toy, S Yilmaz. Thermal sensation of people performing recreational activities in shadowy environment: case study from Turkey. revue/ theatrical and applied climatology vol.101(2011), n°3-4, pp329-343.
- [34] M Fahmy, S Sharples, M Yahya. LAI based trees selection for mid latitude urban developments: A microclimate study in Cairo, Egypt. Building and Environment 45 (2010), 345–357.
- [35] B Kotzen. An Investigation of Shade Under Six Different tree Species of Negev Desert Towards Their Potential Use for Enhancing Microclimatic Conditions in Landscape. Architectural development. Journal of Arid Environments, 55(2003),231-274.
- [36] A Dimoudi; M Nikolopoulou. “Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. Energy and buildings 2003;59-76
- [37] M F Shahidan, Ph Jones. Plant canopy design in modifying urban thermal environment: Theory and guidelines. PLEA 2008-25th Conference on passive and low energy architecture, Dublin, 22nd to 24th October 2008.
- [38] H Tebbani, Y Bouchahm, D Medjelakh. Impact de la végétation sur le microclimat urbain de Annaba(ALGERIE) XXème Colloque de l'association internationale de climatologie-Carthage (Tunisie) 3-8 Septembre 2007.
- [39] C Echave, A Cuchi. Habitability method analysis in urban spaces; PLEA 2004-21th congrés international, sustainable architecture de passive and low energy architecture”, Eindhoven 19-22 September2004.