

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Saad Dahleb – Blida
Institut d'Architecture et d'Urbanisme



MEMOIRE DE MASTER 2

OPTION : ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE

**Effet de l'îlot de chaleur urbain : impact de la
morphologie urbaine sur le confort thermique dans
les espaces extérieurs de la ville de Blida**

**Cas des places : 1^{er} Novembre dite "placet Ettout", de la cité "Les
Bananiers" et de la cité "Les Palmiers".**

Présenté par :

Zafzaf Abdelah Elmerabet

Encadré par :

Dr. Naimi-Ait Aoudia Meriem

Année Pédagogique : 2016/2017

Sommaire

1. Introduction générale.....	3
1.1 Contexte de la recherche	3
1.2 Problématique	5
1.3 Hypothèses	6
1.4 Objectifs de l'étude	6
1.5 Méthodologie	7
1.6 Structure du mémoire.....	8
2. Etat de l'art	9
2.1 Micro-climatologie urbaine.....	9
2.1.1 Couches de l'atmosphère	9
2.1.2 Modes de transfert de chaleur	12
2.1.3 L'effet d'îlot de chaleur urbain.....	14
2.1.4 Paramètres influençant le microclimat	17
2.1.5 Les indicateurs morpho-climatiques	19
2.2 Confort thermique dans les espaces extérieurs	24
2.2.1 Notion du confort thermique dans les espaces extérieurs	24
2.2.2 Paramètres influençant le confort thermique dans les espaces extérieurs	24
2.2.3 Bilan thermique chez l'être humain	27
2.2.4 Indicateurs de mesure du confort thermique	28
2.3 Stratégies d'amélioration du confort thermique dans les espaces extérieurs	31
2.4 Conclusion.....	31
3. Cas d'étude : Places de Blida	33
3.1 Situation géographique de la ville de Blida	33
3.2 Caractéristiques climatiques de la ville de Blida	34
3.3 Présentation des cas d'étude	35
3.3.1 Place du 1er Novembre dite "Placet Ettout"	36
3.3.2 Place de la cité "Les Bananiers"	39
3.3.3 Place de la cité "Les Palmiers"	42
3.4 Logiciels utilisés.....	44
3.4.1 RayMan.....	44
3.4.2 Microsoft office Excel.....	47

3.5 Données climatiques	47
3.6 Evaluation de l'albédo.....	48
3.7 Evaluation du rapport H/L.....	53
3.8 Evaluation du facteur de Vue du Ciel FVC et la Température Equivalente Physiologique PET ...	59
3.8.1 Résultats obtenus par RayMan Pro (Valeur FVC)	60
3.8.2 Résultats obtenus par RayMan Pro (Valeur PET).....	62
3.9 Interprétation et discussion des résultats	68
3.10 Amélioration du micro climat urbain de la place du 1er Novembre	70
3.10.1 Scénarios d'intervention	70
3.10.2 Interprétation et discussion des résultats	75
3.10.3 Recommandations	75
3.11 Conclusion.....	75
Conclusion générale	77
Bibliographie.....	78
Liste des figures	81
Liste des tableaux	84
Annexe. Résultats de la simulation par RayMan	85

1. Introduction générale

1.1 Contexte de la recherche

L'enjeu majeur de l'urbanisme aujourd'hui est de trouver un équilibre entre le concept du climat et la ville elle-même, pour aboutir à une durabilité, tout en améliorant la qualité de vie en ville par la réponse à la demande sociale en matière de confort, de sécurité, de santé et de qualité d'usage des espaces urbains (Kedissa, 2010). En effet, l'augmentation de la population au sein des villes, les activités humaines qui s'en sont suivies aussi bien que les transformations engendrées de la morphologie du tissu urbain, ont eu comme conséquence l'émergence d'un vrai problème de ce qu'on appelle l'effet d'îlot de chaleur urbain. Ce dernier est défini par (Unger, 2004) comme "L'élévation de température localisée en milieu urbain par rapport aux zones rurales voisines". Les observations ont démontré que les températures aux centres villes peuvent atteindre de 4°C voire 10 °C de plus que dans les régions rurales (Akbari, 1992). Le Tableau suivant montre l'augmentation des températures mesurées pour certaines villes.

Ville	Augmentation de la température (C°)
New York	2.9
Moscou	3.0 à 3.5
Tokyo	3.0
Shanghai	6.5

Tableau 1. Îlot de chaleur mesurée dans certaines villes.

Source. (Tareb, 2005), Cité par (Achour-Bouakkaz, 2006)

Notre travail se focalise sur le confort thermique dans les espaces publics urbains affecté par la perturbation du microclimat. Cette partie de la ville de forme ouverte qui lie les différentes entités du tissu urbain et qui représente le lieu de rencontre, d'échange appartenant à tout le monde. Doumenc (1997) Cité par Kedissa (2010), a défini l'espace public comme " *La partie non bâtie de la ville, l'espace vide où existe de la place. L'espace appartenant la plupart du temps au domaine public, partie de la ville plus particulièrement affectée à des usagers publics se caractérise par la typologie empreinte par les différentes formes et par les diversités des usagers pratiqués là. Vivant et conçu en osmose avec les activités de la ville, il en révèle son dynamisme et son identité.*"

Le confort thermique est un sujet de plusieurs recherches et expériences faites dans le but d'évaluer le niveau de bien être de l'individu dans son environnement. Dans un premier temps, il s'agissait que de l'intérieur des bâtiments, par la suite les chercheurs se sont intéressés à

l'extérieur. Le confort thermique est défini comme " *Un état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique, Il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par échange thermique entre le corps et son environnement.* " cité par (Kedissa, 2010).

Contexte Algérien :

D'après plusieurs spécialistes du domaine de la climatologie, le climat mondial se dirige vers une forte tendance au réchauffement globale. L'Algérie n'échappe pas à ce phénomène planétaire. En effet, des études récentes menées par le service veille climatique de l'ONM d'Alger, montrent qu'il y a des changements futurs du climat en Algérie pas seulement à l'échelle nationale, mais aussi à l'échelle régionale, et au niveau des villes (Achour-Bouakkaz, 2006). Les résultats sont présentés dans le Tableau suivant.

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté
(T) : Température	T : hausse de 0.7 à 1.1°C	T : hausse de 0.65 à 0.8°C Un max de +0.8°C au Sud	T : hausse de 0.85 à 0.95°C Un max de 0.95°C au Sud	T : hausse de 0.85 à 1.05°C
(P) : Précipitation	P : baisse de 6 à 8%	P : baisse de 10%	P : baisse de 5 à 9%	P : baisse de 8 à 13%

Tableau 2. Résultats générés par le modèle MAGICC pour la projection climatique en Algérie à l'horizon 2020.

Source. ONM Alger(2004) (Achour-Bouakkaz, 2006).

La lecture des résultats obtenus pour toutes les saisons indique une augmentation de chaleur d'une moyenne de 1°C, avec un taux max du 1.1°C pour la saison d'automne, tandis que les précipitations baissent de 6 à 13 %.

Aujourd'hui, le monde entier est à la recherche de nouvelles stratégies et techniques afin d'améliorer le contexte climatique et environnemental. En effet, l'Algérie a pris l'initiative dans cette perspective. Nous citons ci-après quelques exemples de textes législatifs établis par l'état algérien :

Concernant l'intérêt de l'état pour la ville durable : la loi n° 03-10 du 19 Joumada ElOula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, notamment les articles n° 39 , n° 44 , n° 45 et n° 46: (Journal Officiel, 2017).

Concernant l'intérêt de l'état pour le développement du tissu urbain et l'amélioration des espaces extérieurs : la loi n° 06-06 du 21 Moharram 1427 correspondant au 20 février 2006 portant loi d'orientation de la ville, notamment les articles n° 06 et n° 09: (Journal Officiel, 2017)

Concernant l'intérêt de l'état pour la réduction énergétique : la loi n°99-09 du 15 Rabie Ethani 1420 correspondant au 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie, notamment l'article n°10: (Journal Officiel, 2017)

Sur le plan recherche académique, des études ont été menées à travers les universités et centres de recherche du pays dans le but d'apprécier le rapport climat, microclimat et spécificités des villes algériennes. Nous pouvons citer à titre non exhaustif :

L'étude de l'impact de la géométrie des espaces extérieurs sur le microclimat urbain, cas de la ville de Constantine, étude faite en 2010 par Kedissa Chahrazed (Kedissa, 2010).

L'étude de caractérisation du confort thermique dans les espaces extérieurs, cas de la ville d'Annaba, étude faite en 2016 par Tebbani Habiba et Bouchahm Yasmina (Tebbani & Bouchahm, 2016).

L'étude de la relation entre l'îlot de chaleur urbain, phénomène du changement climatique et la densité du plan bâti, cas de la ville d'Alger, étude faite en 2006 par Achour-Bouakkaz Nawel (Achour-Bouakkaz, 2006).

1.2 Problématique

La bonne connaissance du concept du microclimat urbain est indispensable pour le contrôle et l'amélioration des ambiances dans les espaces extérieurs qui sont en relation directe avec le confort des usagers. Le microclimat correspond à la Canopée urbaine¹, voir figure 1.

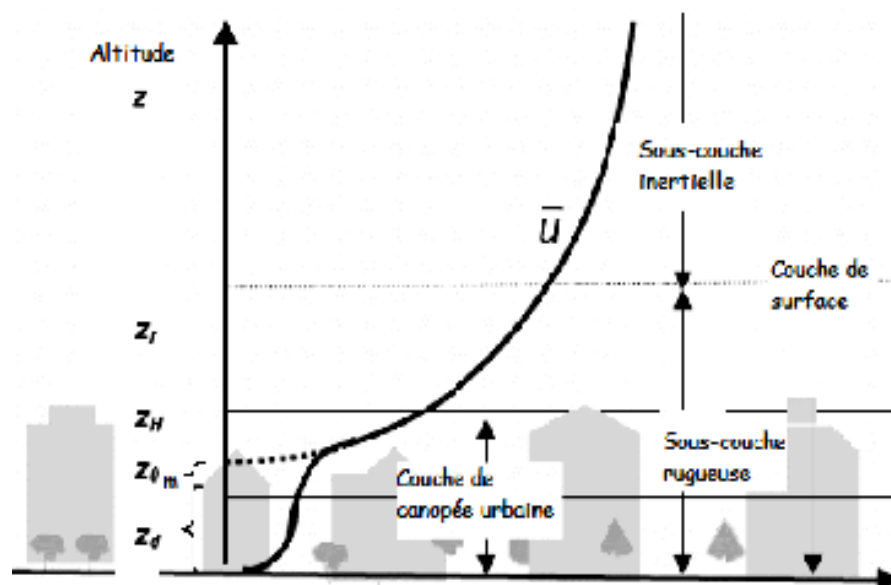


Figure 1. Répartition verticale des différentes couches de circulation d'air au-dessus d'un milieu urbain (Athamena, 2012).

Plusieurs études menées par les chercheurs sur les paramètres microclimatiques, montrent que l'augmentation de la température ambiante au niveau des centres villes compactes est la

¹ Cette échelle fait référence au tissu urbain intégrant le sol urbain (rue, espaces verts), les structures bâties (bâtiments, îlot ou quartier) et les espaces ouverts (cours ou places publiques) (Athamena, 2012).

résultante du nombre élevé de la population, des activités humaines, de la complication des formes urbaines et de la densité des quartiers. (Oke, 1973) cité par (Tsoka, 2011).

A partir des éléments que nous venons de souligner, nous pouvons poser les questions suivantes : *De quelle manière les éléments, qui constituent la ville agissent sur le microclimat ? Et comment les modifications du microclimat affectent le confort thermique des usagers dans l'espace public ?*

Nous avons choisi comme cas d'étude la ville de Blida, une ville connue par ses conditions climatiques dures surtout en été. Concernant le choix des places, nous avons considéré :

1^{er} Cas : La place du 1er Novembre (dite placet Ettout). Cette place présente l'identité de la ville de Blida, comme un lieu de rencontres et d'échanges. Avec des spécificités morphologiques, cette place est le cas idéal pour notre étude.

2^{ème} Cas : La place de la cité "Les Bananiers". Elle se situe dans une cité d'habitation de type collectif. C'est une place assez vaste de forme carrée bordée des bâtiments de différents niveaux, avec la présence d'un nombre important de végétations.

3^{ème} Cas : La place de la cité "Les Palmiers". Elle est caractérisée par sa configuration allongée qui la différencie des deux autres places, avec la présence de plusieurs types de végétation.

Pour nos cas d'étude, nous posons les questions suivantes : *Quelles configurations devraient prendre les espaces publics dans la ville de Blida pour un confort des usagers ? De quelle manière agit-on sur les déterminants du microclimat pour un confort des usagers dans les places de la ville de Blida ?*

1.3 Hypothèses

Pour traiter les interrogations soulevées-ci-dessus, nous formulons deux hypothèses qui guideront l'ensemble de notre recherche :

Première hypothèse : La configuration spatiale et la nature des revêtements conjuguées à une faible couverture végétale favoriseraient la formation de ce qu'on appelle le phénomène de l'îlot de chaleur urbain dans les places publiques de la ville de Blida.

Deuxième hypothèse : Il est indéniable que l'élément végétal constitue un facteur important pour l'adoucissement du microclimat. *Nous avançons que son renforcement par la plantation de nouveaux arbres selon une organisation optimale permettrait d'améliorer les conditions microclimatiques des places dans le contexte blidéen.*

1.4 Objectifs de l'étude

Le but de notre recherche est d'analyser les rapports entre la morphologie urbaine et la modification du microclimat et son implication sur le confort thermique des usagers afin de fournir des orientations pour la conception des futurs espaces dans la ville en accord avec le contexte

climatique local. D'après (Athamena, 2012), "La complexité spatiale et morphologique des tissus urbain et leur interaction avec les phénomènes environnementaux suscite des difficultés pour les concepteurs, maîtres d'œuvres ou maîtres d'ouvrages (intégration des bâtiments au tissu urbain et interactions avec l'environnement), lors du processus de la conception et de la prise de décisions. Ce constat a favorisé le développement de la recherche dans le domaine de la morphologie urbaine". Ce travail est une ébauche qui s'inscrit dans le cadre des recherches ayant pour but de définir une stratégie d'intégration du microclimat dans le concept des espaces publics dans le contexte Blidéen.

1.5 Méthodologie

Pour atteindre nos objectifs et en réponse aux hypothèses formulées, nous adoptons une démarche qui s'articule autour des deux approches que sont l'approche de recherche basée sur l'état de savoir et l'approche de recherche basée sur les cas d'étude. Le travail se déroulera selon les étapes schématisées dans la figure ci-après.

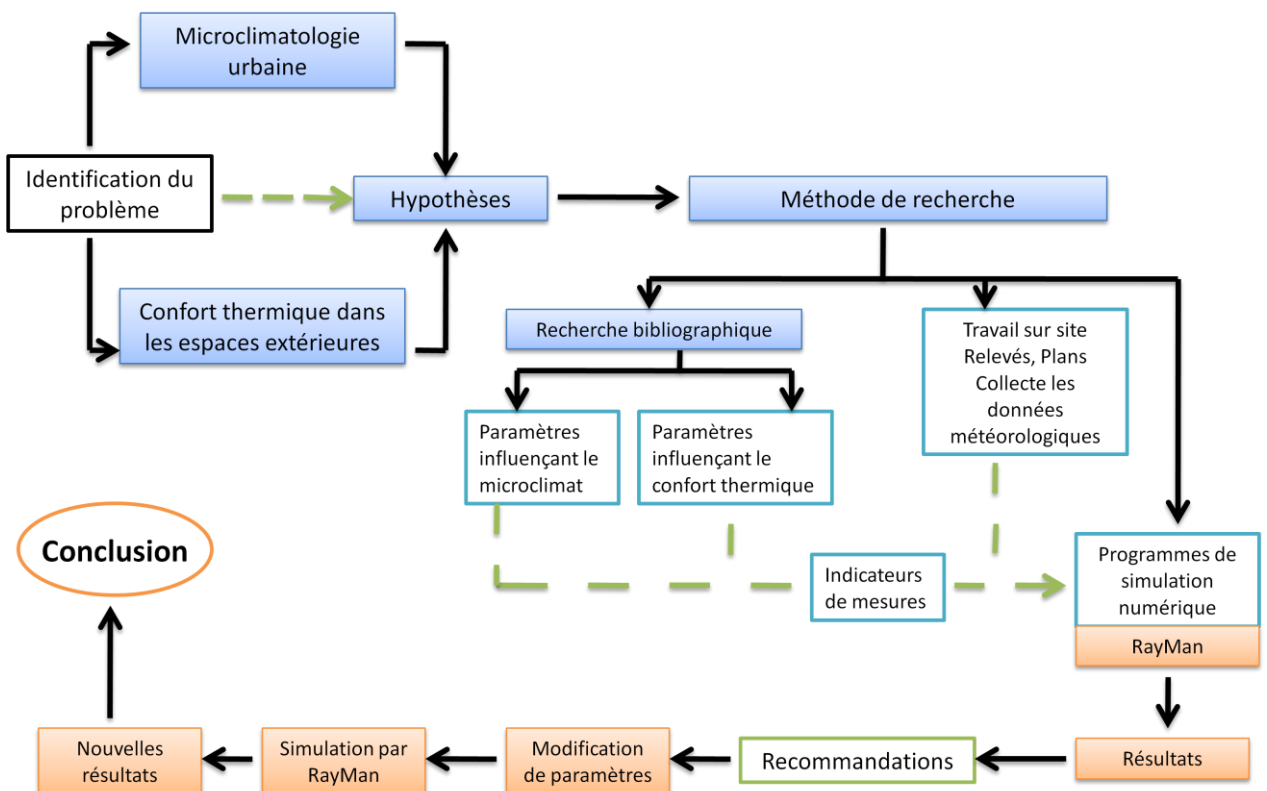


Figure 2. Schéma synthèse de la méthodologie.

Source : Auteur.

- Approche de recherche basée sur l'état de savoir (partie théorique) :

A partir de l'étude de l'état de l'art sur le concept de la micro-climatologie urbaine et la notion du confort thermique dans les espaces extérieurs, et ses paramètres influençant, aussi bien que ses indicateurs.

- Approche de recherche basée sur les cas d'étude (partie pratique) :

Après une recherche bibliographique concernant les différents paramètres morpho-climatiques et les différents indicateurs de mesure du confort thermique dans les espaces extérieurs, un travail sur le site des trois places a été effectué dans le but d'y évaluer le confort thermique et d'étudier par la suite les possibilités d'amélioration du confort dans un cas précis qu'est "Placet Ettout", un espace emblématique de la ville. Pour ce faire nous avons eu recours au logiciel RayMan dont les caractéristiques permettent de répondre aux objectifs de notre travail.

1.6 Structure du mémoire

En plus de l'introduction, ce mémoire est structuré en deux chapitres qui sont :

- ❖ Le deuxième chapitre (Etat de l'art) : Ce chapitre traite des différents paramètres et indicateurs qui ont été élaborés sur les deux notions en l'occurrence : la micro-climatologie et le confort thermique dans les espaces extérieurs. Nous proposons, sur la base l'étude théorique de ces deux notions une stratégie d'amélioration du confort thermique
- ❖ Le troisième chapitre (Cas d'étude) : Le troisième chapitre est dédié à la partie pratique. D'abord, nous présentons la ville de Blida, aussi bien que les trois places choisies pour notre étude. Ensuite, nous exposons les simulations élaborées en utilisant RayMan de certains paramètres choisis. Par la suite vient le volet de la discussion des résultats obtenus, qui permet des dégager des orientations afin d'améliorer le confort thermique dans une place sélectionnée parmi les trois ayant fait l'objet de cette étude.

2. Etat de l'art

Dans cette partie du travail nous allons voir les différents paramètres influençant le microclimat aussi bien que les indicateurs de mesures du confort thermique extérieur. L'état de l'art porte sur les principaux aspects que sont : la micro-climatologie urbaine, le confort thermique extérieur et enfin la stratégie d'amélioration du confort thermique extérieur.

2.1 Micro-climatologie urbaine

Pour comprendre ce qu'est le microclimat urbain, nous donnons un rappel sur des notions liées à l'atmosphère et les différentes couches la constituant.

2.1.1 Couches de l'atmosphère

L'atmosphère est une notion fondamentale au domaine de la climatologie, il s'agit d'une enveloppe gazeuse entourant la terre.

Elle peut être découpée en cinq (05) couches classées en fonction de leur altitude et du comportement de la température : La troposphère, la stratosphère, la mésosphère, la thermosphère et l'exosphère. (meteo45, 2017).

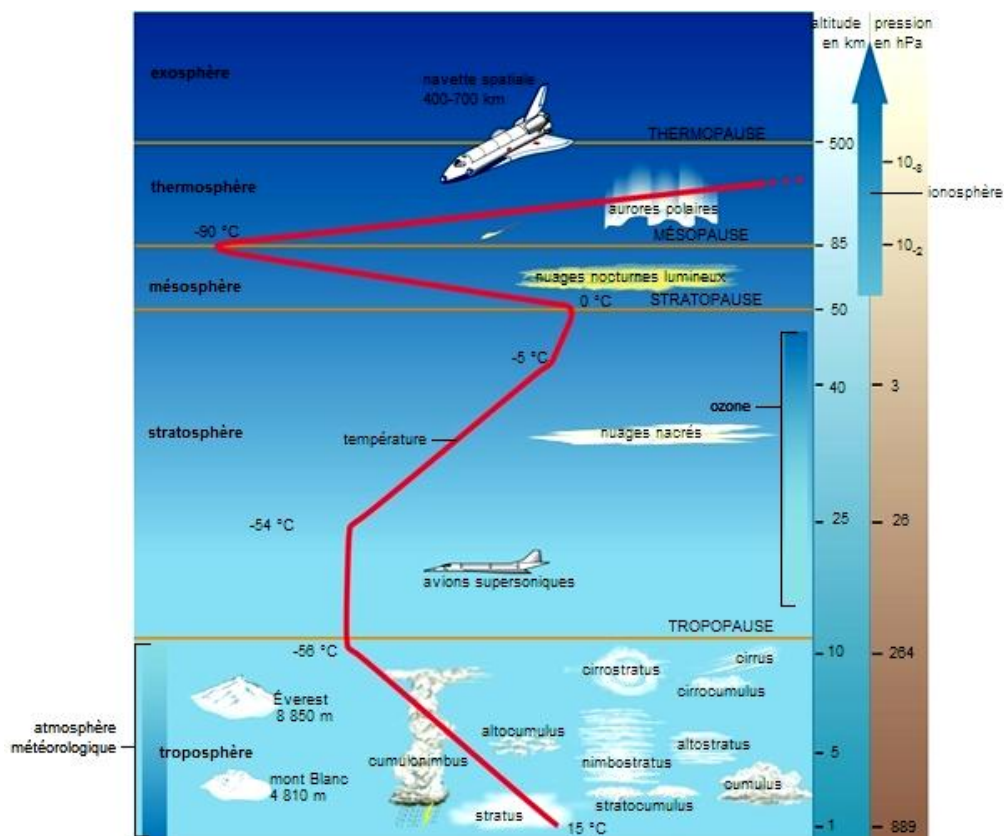


Figure 3. Les différentes couches de l'atmosphère terrestre.

Source. (larousse.fr, 2006).

La troposphère est la couche la plus basse, dans laquelle les événements de la météorologie et la climatologie constituent le temps. Elle se divise en différentes parties :

La couche libre : c'est la partie supérieure caractérisée par des grands mouvements d'ensemble à l'échelle de la planète et est appelé vent géostrophique. Il résulte de l'équilibre entre les forces de gradient de pression et la force de Coriolis² due à la rotation de la Terre (Tsoka, 2011).

La couche limite atmosphérique(CLA) : Il s'agit de la partie proche de la surface terrestre où le sol perturbe l'écoulement de l'air ce qui provoque le phénomène de turbulence. (Tsoka, 2011)

La couche limite urbaine : Fait partie de la CLA, elle caractérise l'échelle de la ville où nous voyons la superposition de plusieurs couches d'air constituant la CLU. Ces couches sont les résultantes de l'interaction entre la forme urbaine et le climat où la stabilité de ces couches est liée à la stratification thermique (Athamena, 2012).

La couche de surface : Cette zone a fait partie de la CLU, plus proche au sol. Cette couche s'étend sur plusieurs dizaines de mètres au-dessus des bâtiments, elle se décompose en deux couches :

La sous-couche inertielle : "Se caractérise par l'homogénéité des flux turbulents verticaux et dépend essentiellement de la vitesse de frottement et de la hauteur des bâtiments" (Taha.H, 1997) Cité par (Athamena, 2012).

La sous-couche de rugosité : "Elle se situe à proximité immédiate de la surface et son épaisseur varie entre 1,5 et 3,5 fois la hauteur des bâtiments environnants" (Rotach.M, 2000) Cité par (Athamena, 2012).

La couche de canopée urbaine : Cette couche est caractérisée par sa perturbation à cause des mouvements turbulents engendrés par l'interaction des paramètres micro-météorologiques avec les structures urbaines. La canopée urbaine correspond à l'échelle d'étude liée au tissu urbain intégrant le sol urbain (rue, espaces verts), les structures bâties (bâtiments, îlot ou quartier) et les espaces ouverts (cours ou places publiques).

² La force de Coriolis "C'est une force s'exerçant sur tout corps en mouvement à la surface terrestre, et produite par l'accélération complémentaire due à la rotation de notre planète (Encarta, 2009)".

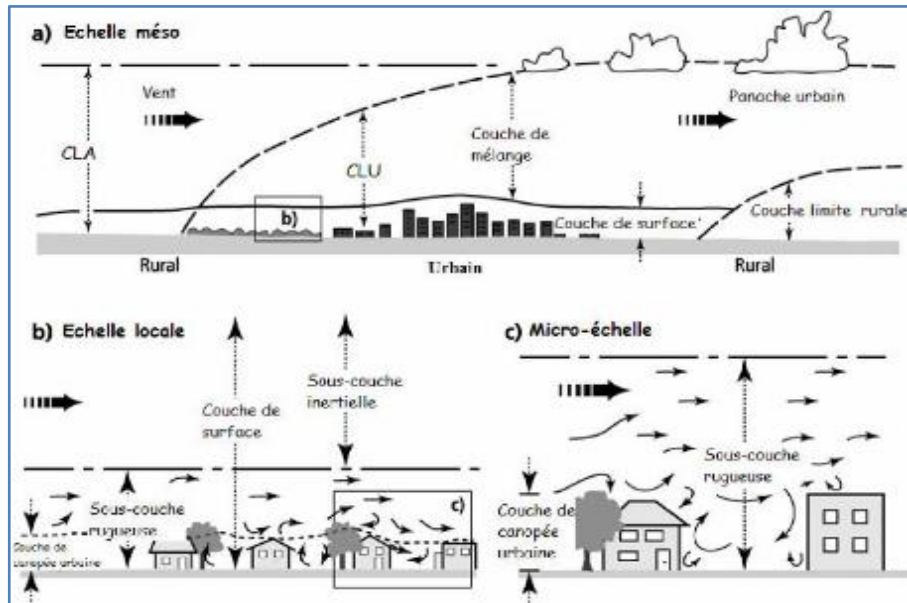


Figure 4. La couche limite urbaine à : (a) Mésoméchelle, (b) Echelle locale, (c) Micro échelle.
 Source : Sylvie. L (06) cité par (Kedissa, 2010).

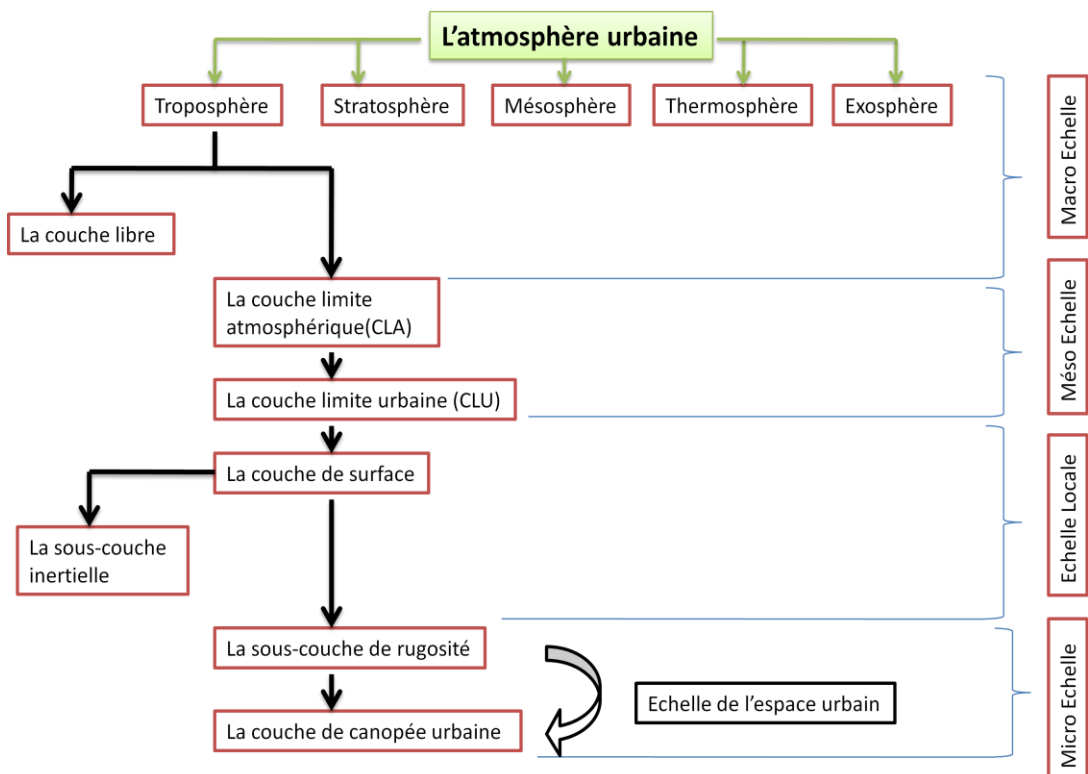


Figure 5. Schéma explicatif des couches constituant l'atmosphère urbaine selon les différentes échelles de la climatologie.

Source. Auteur.

La canopée urbaine est l'échelle d'étude considérée dans notre recherche

Ces différentes couches correspondent aux quatre échelles climatiques à savoir (Vinet, 2000) :

Macro Echelle : Loin de la surface terrestre en quelques 10^3 kilomètres. Elle caractérise les principales variations climatiques et saisonnières.

Méso Echelle : Elle s'étale jusqu'à quelques kilomètres. C'est l'échelle régionale qui caractérise les reliefs par apport aux mouvements d'air.

L'Echelle Locale : Elle s'étale jusqu'à quelques dizaines de kilomètres, caractérisant les modifications de régime du vent et des brise thermiques. C'est le niveau où la présence d'une vallée et de la mer apporte des changements climatiques régionaux.

Micro Echelle : Il s'agit de quelques centaines de mètres. C'est le niveau où l'intervention de l'homme peut influencer le climat.

2.1.2 Modes de transfert de chaleur

La compréhension de différents types du transfert de l'énergie est assez important dans l'étude et l'analyse de la climatologie urbaine. Les flux énergétiques influençant le bilan thermique chez l'être humain sont les suivants :

2.1.2.1 Flux conductif

Ce type du transfert se fait entre deux régions d'un même fluide ou solide, ou entre deux milieux en contact. L'énergie thermique se déplace d'un point à un autre par l'interaction des molécules de la matière.



Figure 6. Le Flux conductif.

Source. (help.solidworks, 2017).

2.1.2.2 Flux convectif

La convection est caractérisée par le déplacement d'un courant d'air en milieu où le changement de la température influence sa masse volumique. Dans les villes on remarque que le vent est un paramètre majeur vis-à-vis le transfert de chaleur par convection.

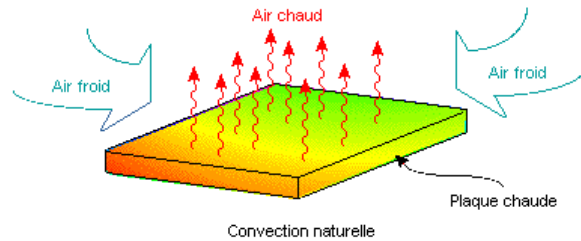


Figure 7. Le Flux convectif.

Source. (help.solidworks, 2017).

2.1.2.3 Flux radiatif

Ce type de transfert d'énergie thermique se fait entre deux corps au moyen d'ondes électromagnétiques. Ces dernières peuvent être définies comme un ensemble de particules, appelées photons (help.solidworks, 2017), qui circulent pour former des ondes, sous forme d'énergie électromagnétique concentrée en un rayonnement qui se propage. Ces ondes voyagent dans le vide, si la température est élevée dans un espace l'échange radiatif sera plus efficace (help.solidworks, 2017). Les échanges radiatifs sont de deux types à savoir :

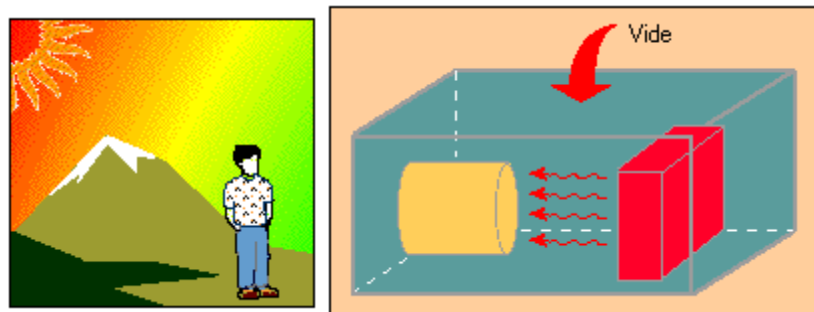


Figure 8. Le Flux radiatif.

Source. (help.solidworks, 2017).

2.1.2.3.1 Le rayonnement solaire

L'énergie émise du soleil vers la terre représente des rayonnements électromagnétiques comprenant les spectres de l'ultra-violet et de l'infrarouge. Certaines bandes sont absorbées par les gaz et les molécules dans l'atmosphère. Ces rayonnements solaires comprennent : 5% d'ultra-violet, 40% de lumière visible et 55% d'infrarouge, porteurs essentiels de l'énergie thermique (Bozonnet.E, 2005) cité par (Tsoka, 2011). La couche supérieure de l'atmosphère accueille 1350 W/m² de la constante solaire réduite considérablement à cause de l'effet de la traversée de l'atmosphère qui réfléchit. Le flux qui arrive à la surface du sol peut avoir une valeur maximale de 900 à 1000 W/m² (Givoni, 1978). Ce flux a trois composantes à savoir :

- Le rayonnement solaire direct :

C'est la quantité d'énergie solaire atteinte à la surface exprimé en W/m^2 et liée à la hauteur du soleil et de l'angle d'exposition de la surface au soleil dans une période précise (Givoni, 1978).

- Le rayonnement solaire diffus :

C'est la quantité d'énergie solaire diffusée par les particules de l'atmosphère, "La quantité de rayonnement diffus apportée par la voûte céleste est en général un dixième du rayonnement total " (Givoni, 1978).

- Le rayonnement solaire réfléchi :

C'est la quantité des rayonnements non absorbés et qui renvoyés vers le ciel par la surface terrestre. La part réfléchi dépend de certains indicateurs comme l'inclinaison de la surface et l'Albédo qui agit comme un réflecteur du rayonnement solaire.

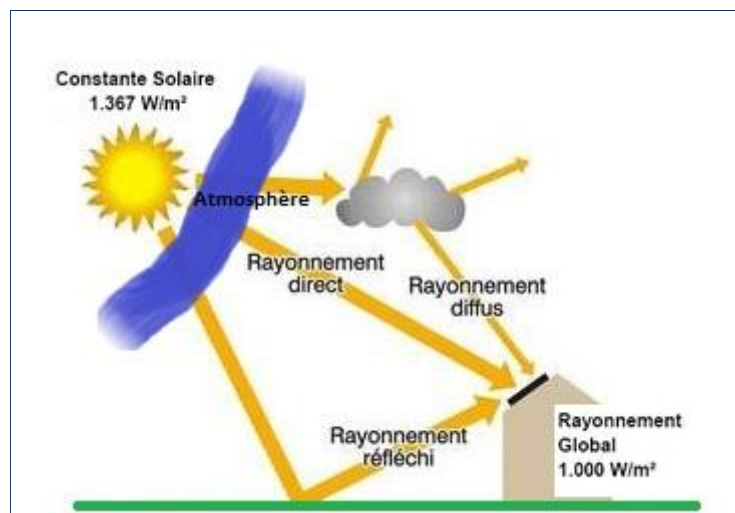


Figure 9. Les différents types de rayonnement solaire
Source. (Nomana, 2014).

La figure précédente illustre les différents types de rayonnement solaire. Une partie arrive directement à la surface de la terre. Une autre partie est absorbée par l'atmosphère et les nuages. Une partie est réfléchi par les nuages vers l'espace et une autre partie est diffusée par les particules de l'atmosphère vers toutes les directions.

2.1.2.3.2 Le rayonnement thermique

Le rayonnement thermique d'un corps est la quantité d'énergie émise par sa surface sous forme d'ondes électromagnétiques. Cette énergie est émise suivant les longueurs d'onde.

2.1.3 L'effet d'îlot de chaleur urbain

L'effet d'îlot de chaleur urbain représente l'axe principal de notre étude. En effet c'est un phénomène microclimatique qui touche les espaces de la ville. Il s'agit de la différence remarquable de températures mesurées entre les deux milieux (urbain et rural). D'après (Unger, 2004). On peut

définir l'effet d'îlot de chaleur urbain comme l'élévation de température localisée en milieu urbain par rapport aux zones rurales voisines. **La figure(06)** représente la différence remarquable des températures entre les deux milieux urbain et rural.

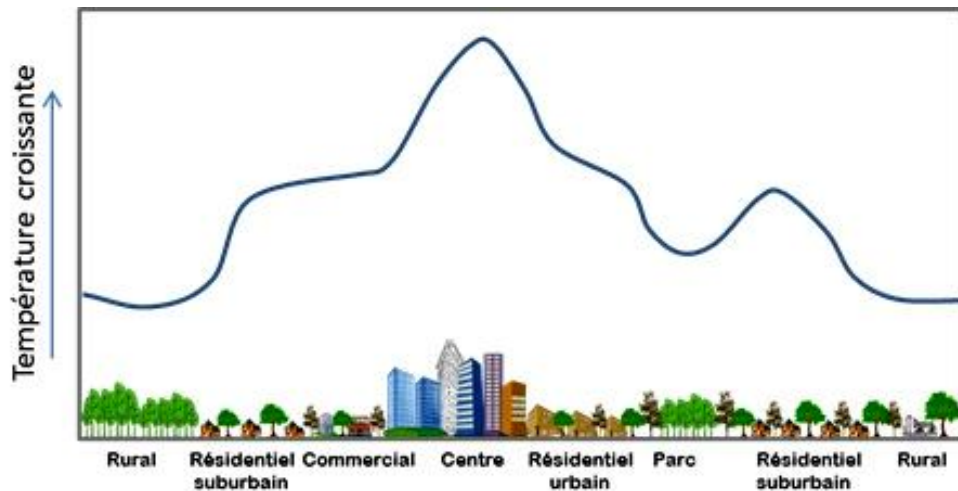


Figure 10. L'effet d'îlot de chaleur urbain,
Source. (environnement.brussels, 2011)

L'origine du nom de l'effet d'îlot de chaleur urbain vient de la concentration de la température au niveau du centre ville, semblable à un îlot. La différence de température entre les deux milieux dépendra des caractéristiques des villes comme la forme des rues, la densité de la population et l'activité humaine, etc. (Cermak.J, 1995) Cité par (Tsoka, 2011). Une étude a été menée par les chercheurs sur les paramètres microclimatiques de 10 villes du Canada (Oke, 1973) cité par (Tsoka, 2011), dont la densité de population varie entre 1000 à 2Millions d'habitants. Ils ont choisi l'heure du pic où l'effet d'îlot de chaleur est maximal, exactement trois(3) heures après le coucher de soleil, les résultats montrent que la différence de température entre le milieu urbain et le milieu rural est 2°C pour le cas des villes de 1000habitants, alors qu'elle atteint les 12°C dans le cas des villes de 2millions habitants. Ceci peut être exprimé par l'équation ci-après :

$$\Delta T_{u-r} = \frac{0.25P^{0.25}}{U^{0.5}}$$

ΔT_{u-r} : Intensité du phénomène

P : Population

U: Vitesse du vent

Le tableau ci-après reprend l'intensité de l'îlot de chaleur urbain enregistrée dans certaines grandes villes du monde.

Villes	Continent	Intensité d'îlot de chaleur (K°)
New Delhi	Asie	6.0
Calcutta		6.5
Madras		4.0
Kuala Lumpur – Petaling Jaya		6.0 – 7.0
Kota Kinabalu		3.0
Athènes	Europe	2.0 – 15.0
Goteborg		3.5 – 6.0
Malmo		7.0
Essen		3.0 – 4.0
Stolberg		6.0
Fribourg		10.0
Paris		14.0
Zurich		7.0
Atlanta		Amérique
Buenos Aires	7.4	
Johannesburg	Afrique	2.0

Tableau 3. Intensité d'îlot de chaleur pour différentes villes
Source. (Tareb, 2005) cité par (Achour-Bouakkaz, 2006).

La lecture du Tableau 3 indique une forte intensité atteinte 10k° à la ville de Fribourg et 15k° à Athènes.

La question de l'effet d'îlot de chaleur est une tendance planétaire liée essentiellement au domaine de l'urbanisme ce qui met en lumière les causes de ce phénomène. Plusieurs études ont été menées afin de préciser les vrais facteurs, parmi ces études on note une étude sur trente(30) villes européennes et américaines (Oke, 1973)cité par (Tsoka, 2011), dont les résultats ont montré que l'effet d'îlot de chaleur est lié à plusieurs facteurs appelés indicateurs morpho climatiques qu'on va voir dans la section 2.1.5.

L'îlot de chaleur a des effets sur la consommation énergétique des bâtiments aussi bien que sur le confort urbain.

- Sur la consommation énergétique des bâtiments :

La demande énergétique des bâtiments augmente d'une manière inquiétante. On remarque que cette augmentation a lieu surtout en périodes estivales (nécessité de climatisation) car l'effet d'îlot de chaleur est bénéfique en hiver.

- Sur le confort urbain :

Par ailleurs le phénomène d'îlot de chaleur affecte la vie au sein des villes, du fait de l'inconfort thermique qu'il engendre dans les espaces publics, ainsi que le risque sur la santé publique avec une augmentation du taux de la surmortalité due à la chaleur élevée. Une étude épidémiologique a été menée en Italie après les grandes vagues de chaleur de 2003. Pendant les trois mois d'été, les températures maximales ont dépassé les 37°C ce qui conduit à une élévation de mortalité, surtout de citoyens âgés et vulnérables. Les analyses ont duré trois mois et les résultats ont mis en évidence une élévation de nombre de décès en comparaison avec ceux de 2002, pour la période estivale.

2.1.4 Paramètres influençant le microclimat

Le microclimat est influencé par plusieurs paramètres à savoir :

2.1.4.1 La forme urbaine

On peut définir la forme urbaine comme la forme tridimensionnelle d'un groupe de bâtiments ainsi que les espaces qu'il crée autour d'eux (Kedissa, 2010). Ces espaces ont une importance primordiale dans le domaine du microclimat. On va voir cette notion avec plus de détail dans la section 2.1.5.1.

2.1.4.2 Le vent

Il s'agit de déplacements naturels horizontaux de l'air. Les courants d'airs sont des déplacements de direction verticale où les mouvements se feront de zone de haute pression vers celle de basse pression. La rugosité³ du sol engendre des frottements qui ralentissent le vent à basse altitude (Tsoka, 2011). Voir le schéma ci-après.

Pour une vitesse du vent plus de 11m/s, l'effet d'îlot de chaleur urbain est nul (Tsoka, 2011). Cette notion sera traitée dans la section 2.1.5.6.

³ La rugosité u sol est le paysage qui fait réduire la force du vent dans les basses couches de l'atmosphère (encyclopedie-afn.org, 2010)

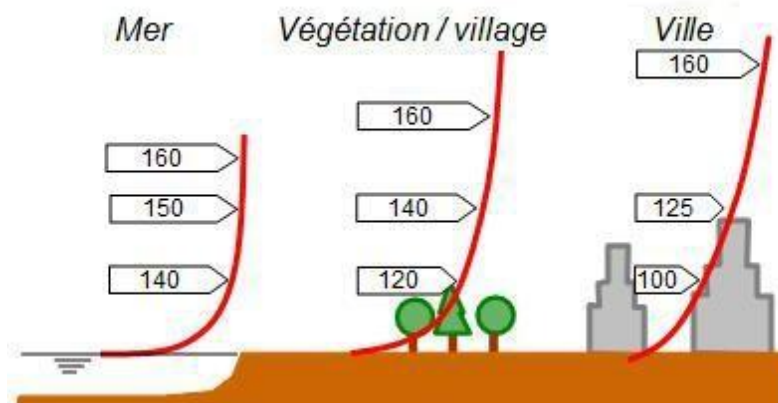


Figure 11. Profils de vitesses du vent pour trois différents types de surfaces.

Source. (public.iutenligne, 2009).

2.1.4.3 La couverture végétale

La couverture végétale au sein des villes joue un rôle primordial en matière d'apparence esthétique aussi bien que leur importance significative sur le microclimat comme un filtre contre toutes sortes de pollution d'air (Santamouris, 2006). Cette notion sera traitée dans la section 2.1.5.5.

2.1.4.4 La densité et la taille de la ville

Le climat dans la ville est directement influencé par la concentration de la population, ce qui augmente la consommation énergétique et par conséquent l'augmentation de l'intensité de la pollution, aussi bien que l'augmentation de la température. Une étude menée sur des villes américaines dans le but de trouver la relation entre l'augmentation de température et la demande énergétique a démontré que pour des villes de 100 000 habitants, la température a été augmentée de 1°C pour chaque consommation de 1.5 à 2% de plus d'énergie. En outre, les dernières décennies, la température aux centres villes des Etats Unis a augmenté de 2°C à 4°C, une conséquence de l'augmentation de la consommation énergétique de 3 à 8% (Akbari, 1992).

2.1.4.5 Les activités urbaines

C'est les activités humaines dites "Anthropiques". Elles influencent le microclimat par l'augmentation de la température au sein des villes (learn.londonmet.ac.uk, 2009). Ces activités sont de multitude sources : Industrielle, Transport, Chauffage et autres (learn.londonmet.ac.uk, 2009). Le tableau suivant donne les valeurs du taux d'émission anthropique pour certaines villes mondiales.

Villes	Taux d'émission anthropique (W/m ²)
Chicago	53
Cincinnati	26
Los Angeles	21
Fairbanks	19
St. Louis	16
Manhattan, New York City	117-159
Moscou	127
Montréal	99
Budapest	43
Osaka	26
Vancouver	19
West Berlin	21

Tableau 4. Taux d'émission anthropique pour des villes mondiales.
Source. (learn.londonmet.ac.uk, 2009)

La lecture du tableau ci-dessus indique une corrélation entre l'intensité des activités anthropiques et la densité populaire, où nous avons marqué le taux d'émission anthropique le plus élevé celui des villes les plus grandes (New York et Manhattan), avec une valeur de plus de 159w/m².

2.1.5 Les indicateurs morpho-climatiques

Concernant les indicateurs morpho climatiques nous avons :

2.1.5.1 Profil H/L

C'est le rapport entre la hauteur moyenne des bâtiments qui entourent l'espace sur sa largeur.

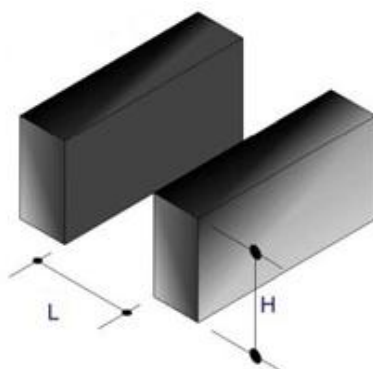


Figure 12. Rapport H/L (Athamena, 2012).

Les études démontrent que la température des villes dépend du profil H/L (Oke, 1973) cité par (Kedissa, 2010). La lecture de la figure ci-après indique que plus le rapport H/L est élevé, soit il s'éloigne du 0, plus on remarquera l'îlot de chaleur.

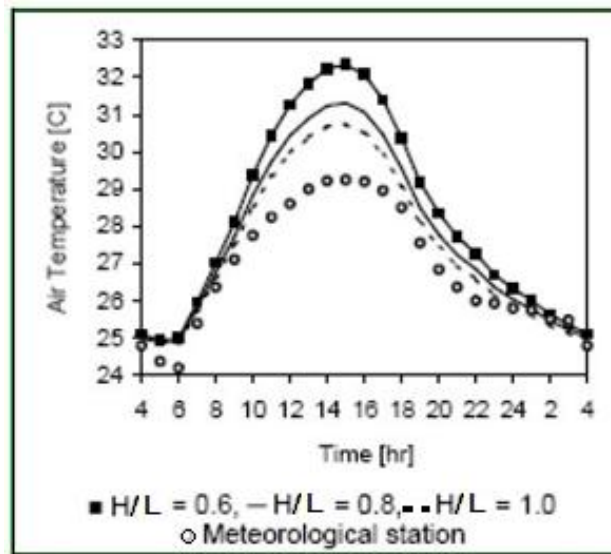


Figure 13. Effet du rapport H/L sur les températures de l'air, Source. (Kedissa, 2010)

L'étude du rapport H/L met en avant trois configurations spatiales majeures en l'occurrence :

- La forme Canyon;
- La forme Dièdre;
- La forme Dégagée.

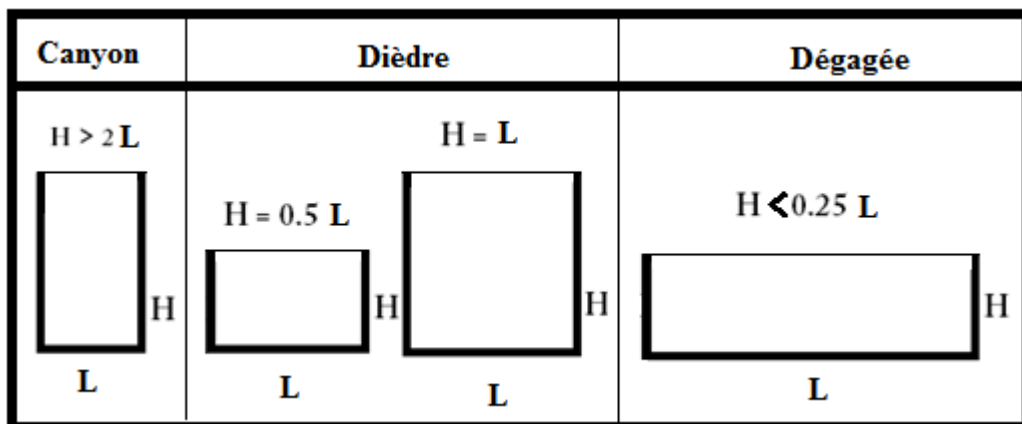


Figure 14. Différentes classes de typologie urbaine : Canyon, Dièdre, Dégagée. Source. (Kedissa, 2010)

2.1.5.2 Facteur de vue du ciel (FVC)

C'est un indicateur sans dimension qui est défini comme l'angle solide⁴ sous lequel le ciel est vu depuis un espace urbain. Autrement dit, c'est la section de l'espace qui s'ouvre vers le ciel qui détermine les échanges de chaleur par rayonnement entre l'espace et le ciel.



Figure 15. Angle solide de vue.

Source. (www.alec-plaineco.org, 2010)

D'après la figure 15, Le FVC (SVF Sky View Factor) a une valeur qui varie de 1 au cas où aucun obstacle n'empêche la vue (ciel dépourvue de toutes obstructions), jusqu'à 0 où la vue du ciel est complètement obstruée (Tebbani & Bouchahm, 2016). D'après (Oke, 1973) Cité par (Tebbani & Bouchahm, 2016) "Un faible FVC conduit au piégeage du rayonnement de longue longueur d'onde et empêche le refroidissement nocturne" portion

2.1.5.3 Albédo

L'albédo est défini comme le rapport du flux d'énergie total réfléchi vers le ciel sur le flux d'énergie global incident (La partie du rayonnement émis qui parvient jusqu'à la Terre). Son évaluation nécessite le calcul de flux solaire global incident et de flux solaire réfléchi vers le ciel" (Tsoka, 2011). L'augmentation de la réflexion des surfaces urbaines dépend principalement de leurs couleurs, de leurs états d'utilisation et leurs natures (Athamena, 2012).

Impact de la couleur des surfaces sur l'albédo :

Pour évaluer l'impact de la couleur des surfaces sur l'albédo nous citons quelques études faites par des chercheurs :

- ❖ Taha, (1997). Synnefa et al, (2007), après une expérience, où ils ont mesuré l'albédo de plusieurs toitures de différentes couleurs, les résultats montrent que les toitures peintes

⁴ L'angle solide "C'est la portion de ciel observable à partir de la surface considérée" (alec-plaineco.org, 2010).

avec des revêtements blancs ont une forte réflectivité, jusqu'au 72 %, par contre les toitures noires ont 26%. (Athamena, 2012).

- ❖ Akbari et al., (2003) ont mesuré la température des surfaces pendant les heures de plein soleil, de but d'étudier l'impact de la couleur des façades sur la température des surfaces, les résultats montrent que la température des façades peintes en noires est plus de 7°C que celle peintes en blanc. (Athamena, 2012)
- ❖ Simpson et McPherson, (1997) Cette étude est faite dans le désert d'Arizona aux Etats Unis. Ils ont étudié l'impact de la couleur des toitures sur la température, Les résultats montrent que les toitures blanches avec un albédo de 0,75 étaient jusqu'à 20°C plus froides que les toitures grises avec un albédo de 0,30, et jusqu'à 30°C plus froides que les toitures sombres avec un albédo de 0,10. (Athamena, 2012).

Nous pouvons déduire que les matériaux de couleurs claires ont un albédo supérieur à celui des matériaux sombres. Plus l'albédo est bas, plus la surface absorbe les rayons. Et plus un matériau absorbe les rayons du soleil, plus il accumule et émet de chaleur.

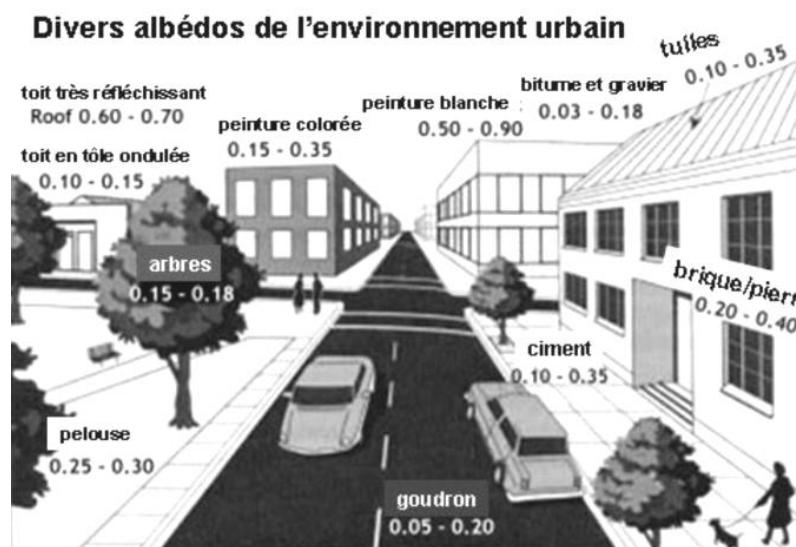


Figure 16. L'albédo de l'environnement urbain.

Source. (notre-planete, 2012).

La figure 17 montre que les surfaces artificielles des milieux urbanisés sont en grande partie composées de matières minérales, tels l'asphalte, le bitume, tous ayant de faibles albédos. La multiplication de ces surfaces (routes, aires de stationnement, toits goudronnés, etc.) est l'un des plus importants facteurs de création des îlots de chaleur urbains.

2.1.5.4 Emissivité

C'est un indicateur qui correspond aux caractéristiques des matériaux et leur équilibre thermique (Kedissa, 2010). L'émissivité a une valeur sans unité de 0 à 1. Un objet solide a une émissivité très proche de 1, tandis que le vide a une émissivité de presque 0. Plus un objet est opaque, plus son émissivité est élevée. Les matériaux avec une forte absorption aux courtes

longueurs d'ondes et une faible émissivité en grandes longueurs d'ondes constituent des véritables pièges à énergie (Kedissa, 2010).

Nature	Albédo	Emissivité	Nature	Albédo	Emissivité
Sols			Peintures		
Sol nu	0.15 – 0.25	0.91	Blanc	0.50 – 0.90	0.85 – 0.95
Asphalt	0.05 – 0.20	0.95	Rouge Brun, vert	0.20 – 0.35	0.85 – 0.95
Toits			Noir	0.02 – 0.15	0.90 – 0.98
Goudron et gravier	0.08 – 0.18	0.92	Murs		
Tuiles	0.10 – 0.35	0.90	Béton	0.10 – 0.35	0.71 – 0.90
Ardoises	0.10	0.90	Brique	0.20 – 0.35	0.90 – 0.92
Chaumes	0.15 – 0.20	-	Pierre	0.20 – 0.35	0.90 – 0.92
Tôle ondulée	0.10 – 0.16	0.13 – 0.28	Bois	-	0.90
Verre					
Hauteur du soleil inférieur à 40°	0.08	0.87 – 0.94	Hauteur du soleil variant de 40 à 80°	0.09 – 0.52	0.87 – 0.92

Tableau 5. Valeurs de l'albédo et l'émissivité de quelques matériaux de construction et de revêtements.

Source : (Kedissa, 2010).

2.1.5.5 Végétation

La végétation est un indicateur qui affecte directement les éléments du climat (la température, le vent, l'humidité,...) dans les aires urbaines, et aussi il aide à la réduction de la consommation énergétique grâce à ses caractéristiques comme l'ombrage et l'évapotranspiration (Achour-Bouakkaz, 2006). La présence de la végétation en milieu urbain est indispensable, vu leur rôle en matière de filtration de l'air, ainsi que leur apparence esthétique, etc (Santamouris, 2006). Le rendement des espaces verts dépend de leur taille, dimension et disposition sur le site (Santamouris, 2006).

La présence des espaces verts offre plusieurs avantages à la ville. Ce type de stratégie est recommandé par la plupart des chercheurs qui ont des expériences dans ce domaine. Parmi ces études celle de Jauregui (2000) (Achour-Bouakkaz, 2006) sur le parc de Chapultepec qui occupe une surface de 500 ha de la ville Mexico. Ce parc représente une zone de fraîcheur avec des températures plus basses de 2° à 3°c par apport aux autres parties voisines.

2.2 Confort thermique dans les espaces extérieurs

La sensation du confort thermique est approchée à travers la bonne connaissance des différents paramètres du confort ainsi que les échanges thermiques entre l'individu et son environnement.

2.2.1 Notion du confort thermique dans les espaces extérieurs

Le confort thermique est défini comme : *"La combinaison de facteurs physiologique, psychologique, et psychosensoriels qui varient d'un individu à un autre et qui le conduisent à exprimer le bien être de son état"* (Kedissa, 2010). Il représente la sensation thermique des individus lorsqu'ils sont exposés aux conditions climatiques dans les espaces extérieurs, les rues, places, parcs, et terrains de jeux (Givoni, 1978).

2.2.2 Paramètres influençant le confort thermique dans les espaces extérieurs

Différents paramètres interagissent et influencent le confort thermique. On peut diviser ces paramètres en (Vinet, 2000) : Paramètres relatifs à l'individu ; Paramètres relatifs à l'environnement ;

2.2.2.1 Paramètres relatifs à l'individu :

Les paramètres qui sont relatifs à l'individu sont :

Le métabolisme :

D'après N.B.Hutchon(1972) *"La production métabolique représente environ 80% de la dépense énergétique du fait du rendement musculaire. Elle est d'une valeur minimale de 75 watt (=45 w.m²) pendant le sommeil et 120 watt (=60 w.m²) lorsqu'il est éveillé mais au repos"*. Donc on prend en considération tout ce qui augmente la dépense énergétique comme la vitesse de marche, la charge portée et la nature du terrain (Kedissa, 2010).

Classe	Dépense énergétique w.m ⁻²	Activité	Vitesse de marche Km/h
0	65	Repos	-
1	100	Travail léger assis ou marche	3.5
2	165	Travail soutenu debout ou marche	3.5 – 5.5
3	230	Travail intense ou marche	5.5 - 7
4	290	Activité intense à allure rapide ou marche	>7

Tableau 6. Classification de la dépense énergétique selon la norme ISO 8996.

Source. Adnsp (2003) cité par (Kedissa, 2010).

Les résultats du tableau précédent indiquent que le confort thermique des piétons est lié à la dépense énergétique. Cette dépense est influencée par la nature de l'activité exercée par les

piétons, ainsi que leur vitesse de marche. Pour une activité intense à allure rapide avec une vitesse de marche de plus de 7Km/h, la dépense est 290 w.m⁻², alors que pour un état de repos avec une vitesse de marche nul, la dépense énergétique est que 65 w.m⁻².

L'isolement thermique des vêtements :

Il est évident que l'habillement représente un facteur essentiel pour le confort thermique des individus, où il joue un rôle comme intermédiaire entre la peau et l'environnement. "*Une personne en costume de travail et sous-vêtement en coton peut demander une température d'environ 9C° inférieure à un corps nu*" (Kedissa, 2010). Le Tableau ci-après, montre quelques valeurs de résistance de vêtements typiques. La CLO est l'unité de mesure d'isolation thermique utilisée des vêtements (abréviation de Clothes, vêtements en anglais), avec 1 CLO = 0,155 k.m²/W. C'est l'isolation qui permet à une personne d'être en équilibre thermique lorsque la température extérieure est de 21 °C (www.randonner-leger.org, 2012).

Vêtements type	r_{co}^5 (CLO)
T-shirt, pantalon court, chaussette, souliers de course	50
T-shirt, pantalon, chaussette, souliers 75	75
T-shirt, pantalon court, chaussette, souliers, Gillet	100
Chemise, pantalon court, chaussette, souliers, Gillet	125
Chemise, pantalon court, chaussette, souliers, Pull	175
Chemise, pantalon court, chaussette, souliers, jacket	250
Chemise, pantalon, chaussures	77
Robe manches longues, chaussures	60
Robe manches longues, sandales	58

Tableau 7. Quelques valeurs de résistance de vêtements typiques.
Source : (Tebhani & Bouchahm, 2016).

⁵ r_{co} = isolation des vêtements

2.2.2.2 Paramètres relatifs à l'environnement (Microclimatique)

Les paramètres qui sont relatifs à l'environnement (Microclimatique) sont :

Température de l'air :

La température est une grandeur physique qui mesure le degré de chaleur d'un milieu. Donc elle est reliée aux sensations de froid et de chaud, provenant du transfert thermique entre le corps humain et son environnement. Le corps humain est en contact avec l'air ce qui provoque des échanges par convection. Cet échange convectif est lié à la surface corporelle exposée et à la vitesse du vent (Kedissa, 2010).

Température moyenne radiante (MRT ou T_{mrt}) :

C'est un paramètre critique qui intègre les flux du rayonnement (courte et grande longueur d'onde) absorbés par le corps humain. Elle a un impact significatif sur la sensation du confort thermique en milieu urbain. D'après (Tsoka, 2011), *"C'est le paramètre d'entrée météorologique le plus important pour le bilan énergétique humain par temps ensoleillé d'été. Par conséquent, la T_{mrt} a la plus forte influence sur les indices thermo-physiologiques significatifs tels que la PET (La température physiologique équivalente) ou la PMV (Vote moyen prévisible) "* (Kedissa, 2010).

Vitesse du vent :

Le vent est un indicateur important avec son caractère turbulent qui joue un rôle majeur vis-à-vis des conditions microclimatiques dans les espaces extérieurs (Athamena, 2012). Le piéton est influencé par le vent : Sa force (Fort, brise ou calme), Sa température (vent chaud, vent glacial ou vent tempéré), Sa composition (pur, polluer, chargé de poussières ou sable). Le corps humain a des échanges thermiques avec le milieu extérieur, souvent l'intensité du vent influence cette relation entre les deux : en climat froid le vent diminuera les conditions de confort à l'extérieur, par contre en climat chaud il améliore ces conditions (Athamena, 2012). Le vent va être gênant si sa vitesse est entre 5m/s et 10m/s où le comportement des piétons est perturbé, et s'il arrive à 15m/s ou plus, la marche devient difficile aussi bien que le risque d'accident (Athamena, 2012).

L'humidité de l'air :

L'humidité de l'air est un indicateur qui dépend de la température et de la pression ambiante de l'air. Il est remarquable que le taux de l'humidité relative mesuré dans la ville est inférieur à celui mesuré dans la campagne sauf en hiver. La différence peut atteindre 20 à 30% en valeur extrême, et en moyenne de 10% pour les mois d'été (Kedissa, 2010). L'air des villes est plus humide la nuit et plus sec pendant le jour. On peut voir ça surtout dans une journée d'été avec un beau temps (Kedissa, 2010).

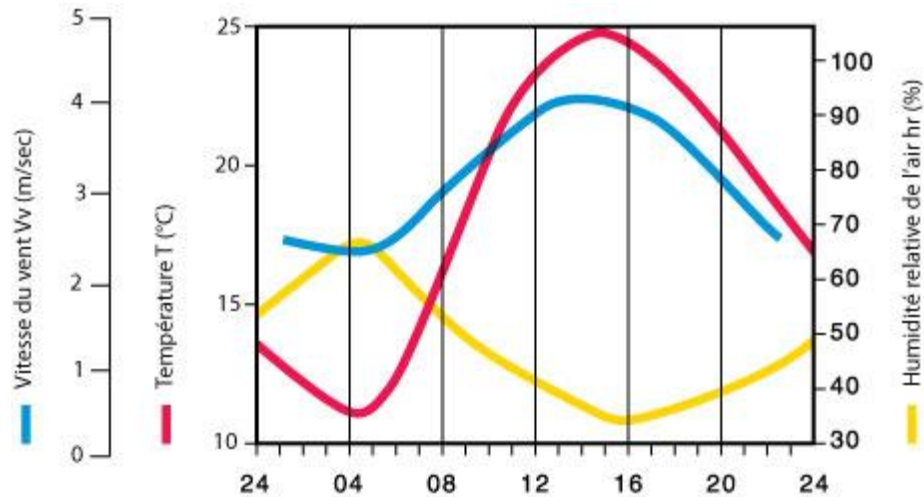


Figure 17. Relevés de l'humidité relative, température et vitesse du vent, valeurs mesurées pour une zone urbaine.

Source. (teejet.it, 2012).

La lecture du graphe de la figure 17, indique une relation contradictoire entre la température et l'humidité relative. Lorsque la température ambiante est au maximum 25°C, l'humidité relative est entre 30 et 40%. La vitesse du vent s'atténue durant la nuit.

2.2.3 Bilan thermique chez l'être humain

La perturbation du bilan thermique chez l'être humain a une conséquence néfaste pour son bien être ainsi que sa santé. De ce fait, il est impératif de conserver un équilibre entre les pertes et les gains de chaleur lors de ses activités face aux conditions climatiques variables. La température de l'être humain qui assure son confort thermique interne est de 37°C plus ou moins 0.8°C, même si son corps est exposé aux conditions climatiques variables (Kedissa, 2010). Avec l'intervention de plusieurs techniques et outils technologiques comme les systèmes et machines de climatisation, la ventilation.., ou avec les comportements quotidiens des individus tels que les modes d'habillement, boisson, activités..), le bilan thermique chez l'être humain varie d'une personne à une autre, selon l'écart entre les pertes et les gains de chaleur (Kedissa, 2010).

D'après (Kedissa, 2010), on peut conserver l'équilibre entre les pertes et les gains de chaleur selon l'équation suivante :

$$M \pm K \pm C \pm R - E = 0$$

Avec :

M : flux d'énergie produit par le métabolisme des organes (toujours positif)

K : flux d'énergie perdu ou gagné par conduction.

C : flux d'énergie perdu ou gagné par convection.

R : flux d'énergie perdu ou gagné par rayonnement.

E : flux d'énergie perdu par évaporation (toujours négatif).

Si les gains sont supérieurs aux pertes de chaleur, un stockage de chaleur provoque un risque d'hyperthermie et déshydratation. En revanche, si les pertes sont supérieures aux gains, la température interne du corps baisse ce qui représente un risque d'hypothermie accidentelle (Kedissa, 2010).

2.2.4 Indicateurs de mesure du confort thermique

L'étude du confort thermique en espaces extérieurs est un sujet récent apparu ces décennies. L'évaluation de ce dernier a connu le développement de plusieurs indices de mesures comme La PMV (Vote Moyen Prévisible modifié), et La PET (Température Equivalente Physiologique).

2.2.4.1 L'indice PMV modifié : Vote Moyen Prévisible modifié

C'est un indice initialement conçu pour caractériser le confort à l'intérieur des édifices et qui ensuite été adapté pour l'extérieur (Tebhani & Bouchahm, 2016).

La PMV est parmi les indices élaborés par Franger(70), qui a estimé le PMV comme la valeur moyenne des expressions subjectives d'un groupe de personnes exposé dans la même ambiance thermique à partir de leur sensation thermique variée sur une échelle de 7 points :

(-3): froid

(-2): frais

(-1): légèrement frais

(0) : confortable

(+1): légèrement chaud

(+2): chaud

(+3): très chaud

Lors de calcul du PMV il est nécessaire de connaître les paramètres suivants :

Température de l'air (T_{air})

Vitesse de l'air (V_{air})

Humidité de l'air (H_{air})

Température moyenne radiante (T_{mrt})

Rayonnement solaire (R)

Pendant le calcul du PMV il est recommandé de choisir certaines conditions spécifiques à savoir :

T_{air} entre 10°C et 30°C

V_{air} entre 00m/s et 01m/s

T_{mrt} entre 10°C et 40°C

Niveau de métabolisme $M=46$ à $232W/m^2$

Le calcul du PMV ne prend pas en considération les paramètres personnels (âge, sexe...) (Tsoka, 2011). L'indice PMV modifié ne s'applique pas aux conditions thermiques réelles, il correspond aux individus exposés à des conditions climatiques constantes pendant une longue période avec une activité métabolique constante (Tsoka, 2011). Son calcul du PMV ne prend pas aussi en considération le facteur d'hygrométrie ce qui rend les résultats moins réalistes pour certaines conditions climatiques (Tsoka, 2011).

Jendritzky(2002) à modifié le PMV de Franger(1970) afin d'être applicable aux conditions climatiques hétérogènes et pour pouvoir prendre en compte les influences du rayonnements solaire absorbés par une personne debout, c'est une nouvelle approche connu comme Klima Michel Model (Matzarakis.B, 2006) Cité par (Tsoka, 2011).

2.2.4.2 L'indice PET : Température Equivalente Physiologique

Il est défini par (Hoppe.P, 1999) comme "*La température d'un environnement avec ou sans rayonnement solaire, à laquelle, dans l'environnement de référence, l'équilibre thermique de la peau et la température centrale sont les mêmes que ceux trouvés dans l'environnement de référence.*" (Kedissa, 2010). **Le tableau** ci-après donne les classes de sensation indiquées par le PET.

PET	Sensation humaine
<04°C	Très froid
04 - 08°C	Froid
08 - 13°C	Frais
13 - 18°C	Légèrement frais
18 - 23°C	Confortable
23 - 29°C	Légèrement chaud
29 - 35°C	Chaud
35 - 41°C	Très chaud
>41°C	Extrêmement chaud

Tableau 8. Classement de sensations thermiques indiquées par la PET.

Source : (Matzarakis.B, 2006) cité par (Kedissa, 2010).

Le calcul du PET est basé sur le modèle d'énergie équilibré de Munich pour les individus (MEMI) avec l'équation ci-après, qui définit le bilan énergétique du corps humain comme suit : (Tsoka, 2011).

$$M + W + R + C + ED + ER-E + ES-W + S = 0$$

Avec:

M : Le niveau de métabolisme

W : l'activité physique

R : le rayonnement solaire

C : le flux de chaleur dû à la conduction

ED : le flux de chaleur latente

E_{R-E} : la somme des flux de chaleur pour le chauffage et l'humidification de l'air inspiré

E_{S-W} : le flux de chaleur dû à l'évaporation de la sueur

S : le flux d'énergie pour chauffer ou rafraichir le corps

On note que les flux d'énergies composants l'équation précédente sont influencés par certains paramètres climatiques à savoir (Tsoka, 2011) :

Paramètres climatiques	flux d'énergies
Température de l'air	le flux de chaleur dû à la conduction. la somme des flux de chaleur pour le chauffage et l'humidification de l'air inspiré.
Humidité de l'air	le flux de chaleur latente. la somme des flux de chaleur pour le chauffage et l'humidification de l'air inspiré. le flux de chaleur dû à l'évaporation de la sueur.
Vitesse de l'air	le flux de chaleur dû à la conduction. le flux de chaleur dû à l'évaporation de la sueur.
Température moyenne radiante T_{mrt}	le rayonnement solaire

Tableau 9. Les flux d'énergies influencés par certains paramètres climatiques.

Source. (Tsoka, 2011).

Le calcul du PET nécessite l'évaluation des paramètres climatiques au niveau de 1.1m relatif à la hauteur moyenne de centre de gravité pour une personne debout (Matzarakis.B, 2006) Cité par (Kedissa, 2010). D'après (Matzarakis.B, 2006) on peut calculer le PET avec le logiciel RayMan. Dans notre travail nous avons choisi le PET comme l'indice d'évaluation du confort thermique des piétons dans les places de la ville de Blida. Un modèle qui intègre l'ensemble de paramètres climatiques et urbains. Il permet l'évaluation de la température avec ou sans rayonnement solaire, ce qui permet la simulation même durant les heures de la nuit. Ainsi la PET est adaptable pour tous les types de climat.

2.3 Stratégies d'amélioration du confort thermique dans les espaces extérieurs

L'effet d'îlot de chaleur urbain est l'élévation localisée des températures (diurnes et nocturnes) au sein des villes. Ce réchauffement influence directement le confort thermique des individus. On peut diminuer l'intensité de l'effet d'îlot de chaleur par l'utilisation des matériaux de constructions à haute réflectivité et émissivité d'énergie infrarouge. La haute réflectivité induit moins de rayons solaires absorbés et par conséquent la température de surface reste basse. L'utilisation des matériaux de constructions à haut Albédo peut avoir des résultats remarquables au niveau de la température de l'air ambiant au sein des villes (Santamouris, 2006).

La végétation représente un élément principal constituant la vie des villes. Bien que la végétation a un rôle important en matière d'offrir l'ombre, le phénomène d'évapotranspiration reste l'élément déterminant en matière microclimatique. Pendant l'évapotranspiration, l'air ambiant au voisinage de l'arbre, se refroidit en cédant une partie de sa chaleur pour permettre l'évaporation. Les feuilles des arbres réduisent les apports solaires incidents, diminuant ainsi l'absorption d'énergie et la température des surfaces (Rotach.M, 2000) Cité par (Tsoka, 2011). En effet, si on prend en compte qu'un arbre qui transpire 450 litres d'eau, a un effet de refroidissement égal à celui de cinq(5) climatiseurs qui fonctionnent au total 20 heures par jour (Johnston J, 2004).

Le confort thermique au sein des espaces extérieurs dépend également de la morphologie de la place elle-même, plus précisément du rapport H/L. Selon kedissa (2010), il est recommandé d'avoir une valeur de H/L entre 0.4 et 0.6.

Notons enfin l'importance du facteur FVC qui est directement lié à la forme de la place. Un FVC faible empêche le piégeage du rayonnement solaire, ce qui affaiblit l'intensité de l'effet d'îlot de chaleur.

2.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés à l'interaction entre la notion de la micro-climatologie et la notion du confort thermique urbain, alors que la bonne connaissance de leurs paramètres influençant est la clé pour faire un pas vers une stratégie d'amélioration du confort thermique des individus dans l'environnement urbain.

Dans cette partie du travail nous avons voulu définir les indicateurs pour évaluer le confort thermique des piétons dans les places. Dans ce but, dans un premier temps, nous avons relevé les paramètres influençant le microclimat à savoir : la forme urbaine, le vent, la couverture végétale, la densité et la taille de la ville et les activités urbaines. Par la suite, nous avons défini les indicateurs les déterminant qui sont : le profil H/L, le facteur de vue de ciel (FVC), l'Albédo, l'émissivité et la végétation. Nous avons également décelé les paramètres influençant le confort thermique dans les espaces extérieurs qui sont de deux catégories ceux relatifs à l'individu et à ceux à l'environnement (dite microclimatiques). Le schéma suivant représente une synthèse de la

partie état de l'art qui nous a donné une image concernant le choix d'indicateurs que nous allons utiliser pour nos cas d'études (les places de la ville de Blida), sujet du chapitre suivant.

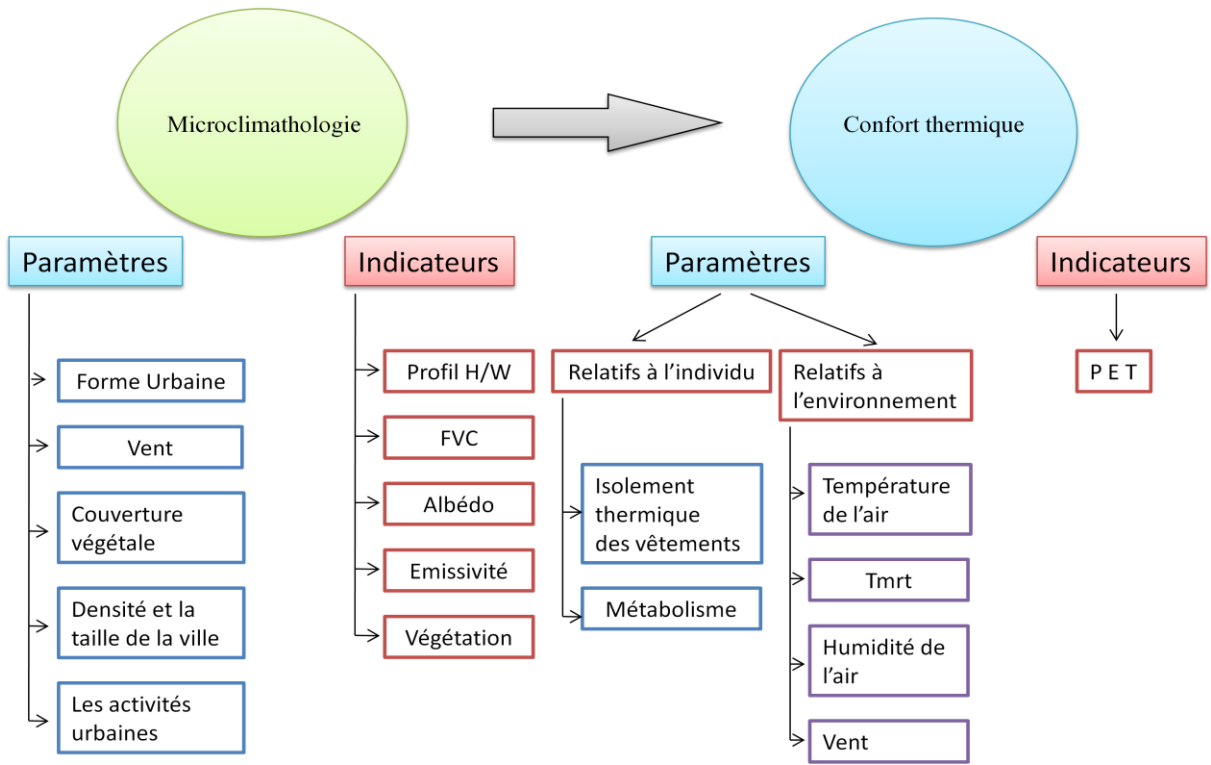


Figure 18. Synthèse de l'état de l'art.

Source. Auteur.

3. Cas d'étude : Places de Blida

Pour notre travail nous avons choisi la ville de Blida, une ville du nord de l'Algérie riche de par son patrimoine culturel et historique, ainsi que de sa diversité urbaine et paysagère.

Dans cette partie du travail nous allons mesurer le niveau de confort thermique dans trois places choisies par l'évaluation de certains paramètres morpho-climatiques que sont l'Albédo, le rapport H/L, le FVC et, et leur confrontation avec la PET par la simulation numérique sur RayMan Pro.

3.1 Situation géographique de la ville de Blida

La wilaya de Blida est située à 45 km au Sud-ouest de la capitale (Alger), et à 26 km Nord-est de la ville de Médéa sur la bordure Sud de la plaine de la Mitidja à 22km de la mer.

La commune de Blida est limitée par les communes :

La commune Bni Tamou, au Nord

La commune de Bouarfa et Chréa, au Sud

La commune de Guerouaou et Beni Merad, à l'Est

La commune de Chiffa, à l'Ouest

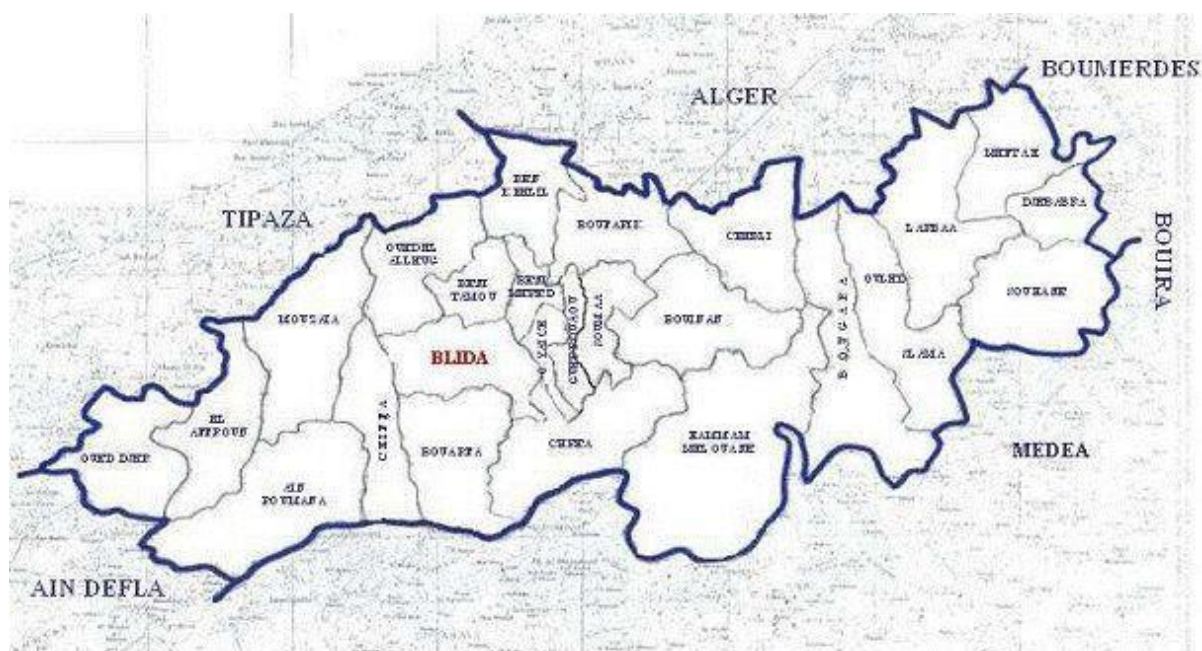


Figure 19. Limites de la wilaya de Blida.

Source. (encyclopedie-afn.org, 2010)



Figure 20. Limites de la ville de Blida.

Source. (Google earth, 2017)

3.2 Caractéristiques climatiques de la ville de Blida

La Wilaya de Blida est caractérisée essentiellement par deux périodes à savoir :

- ❖ Une période chaude et sèche pour les mois de Mai jusqu'au le mois de Septembre avec une moyenne de température de 35°C (meteoblue.com, 2006).
- ❖ Une période pluvieuse et froide avec un nombre de jours pluvieux de 50 à 70 jours. Elle est plus importante dans l'Atlas. Elle s'étale de la fin du mois de Septembre jusqu'au le mois de Mars avec une moyenne pluviométrique de 500 à 700 mm et une moyenne de température de 12°C (meteoblue.com, 2006).

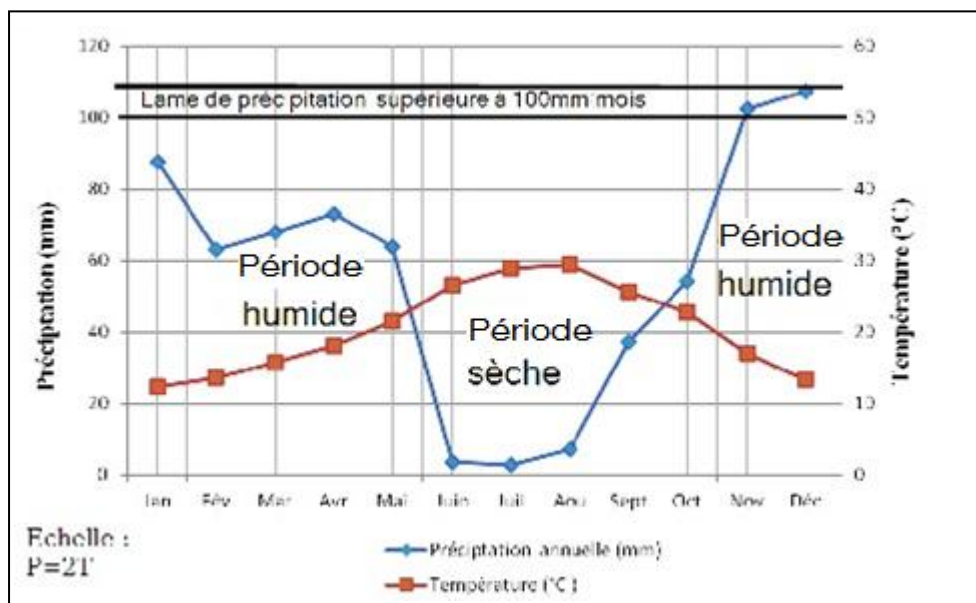


Figure 21. Température et précipitation de la ville de Blida pour une période de 15ans.

Source. (meteoblue.com, 2006)

La figure 22 montre les résultats établis sur une période de (1995-2010) (meteoblue.com, 2006). La température est élevée pendant la période sèche pour les mois de Mai jusqu'à Septembre. Cette période d'année est aussi caractérisée par une basse valeur de la précipitation presque nulle +0. En revanche, Durant la période humide celle des mois de Septembre jusqu'au mois d'Avril, la température recule et les précipitations augmentent.

Les vents dominants sont les vents de l'Est et de l'Ouest et le Sirocco en été de Juin à Octobre (meteoblue.com, 2006). L'humidité relative varie entre 48% et 90%, Elle atteint la valeur max (+82%) en Décembre et Janvier, alors qu'elle diminue sous l'effet de la sécheresse et le Sirocco en été où elle atteinte la minimum (-50%) pour Aout.

3.3 Présentation des cas d'étude

Pour notre étude nous avons choisi trois places présentant les cas d'études dans la ville de Blida, à savoir :

- ❖ La place du 1er Novembre dite placet Ettout.
- ❖ La place de la cité les Bananiers.
- ❖ La place de la cité les Palmiers.



Figure 22. Situation des places par rapport à la ville de Blida.

Source (Google earth, 2017).

3.3.1 Place du 1er Novembre dite "Placet Ettout"

La place du 1er novembre est une place considérée comme l'identité de Blida. C'est le lieu où se déroulent les événements importants de la ville. Un lieu de rassemblements populaires, de passage et de convergence de flux piéton et mécanique assez important à la croisée de deux importants axes structurants la ville en l'occurrence, le boulevard Laichi (ex Trumelet), et la rue Des Martyrs (ex Alger).

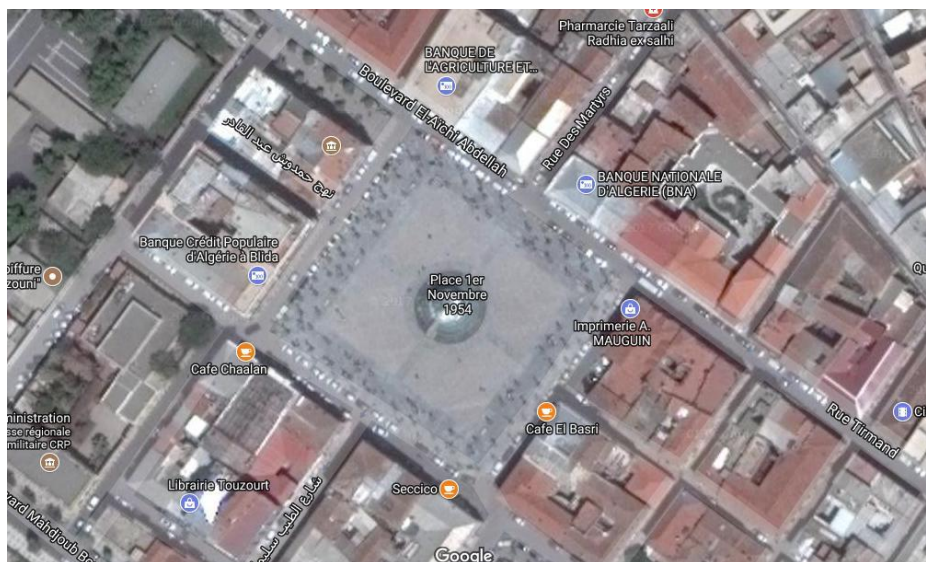


Figure 23. Vue satellitaire sur la place du 1er Novembre
Source. (Google earth, 2017).

C'est une place connue par son caractère administratif, de service, et commercial. Elle est bord e de bâtiments abritant le si ge de la mairie, les banques, les hôtels, les boutiques et les cafés. La place du 1^{er} Novembre se distingue par sa forme carr e (81.4 x 81.4) m², avec une superficie de 6626m². Sa taille et son orientation obéissent aux tracés des voies, elle est orient e Nord-ouest et Sud-est. La plate forme est revêtue du granite de couleur grise. La place est entour e des voies de 6m de largeur en bitume gris foncé, réservé à la circulation des véhicules. Elle est orn e d'un nombre important d'arbres afin de créer une harmonie entre le bâti et la végétation. Le Tableau suivant montre quelques caractéristiques de ces arbres.

Arbre	Type de feuillage	Nombre	description
Palme	Persistant	36 arbres	Hauteur = 8m Arbre d'une taille moyenne (Mi-vie)
Platane	Caduc	68 arbres	Hauteur = 4m Arbre d'une petite taille (Très jeune)

Tableau 10. Types d'arbres existants sur la place du 1er Novembre.
Source. Auteur.

"Placet Ettout" se caractérise par la présence d'un kiosque de musique de style mauresque construit autour d'un palmier. Il est entouré d'un bassin circulaire d'où jaillissent plusieurs jets d'eau. L'architecture des bâtiments autour de la place est coloniale. Les hauteurs varient entre des bâtiments de RDC jusqu'au R+3. Les RDC sont généralement occupées par des commerces et services et les étages supérieurs sont destinés aux logements. La galerie avec une série d'arcades entourent la place. Les toitures sont de deux types : incliné en tuiles et toit terrasse. Nous présentons ci-après le plan de la place ainsi que les façades des édifices la bordant que nous avons élaborés.

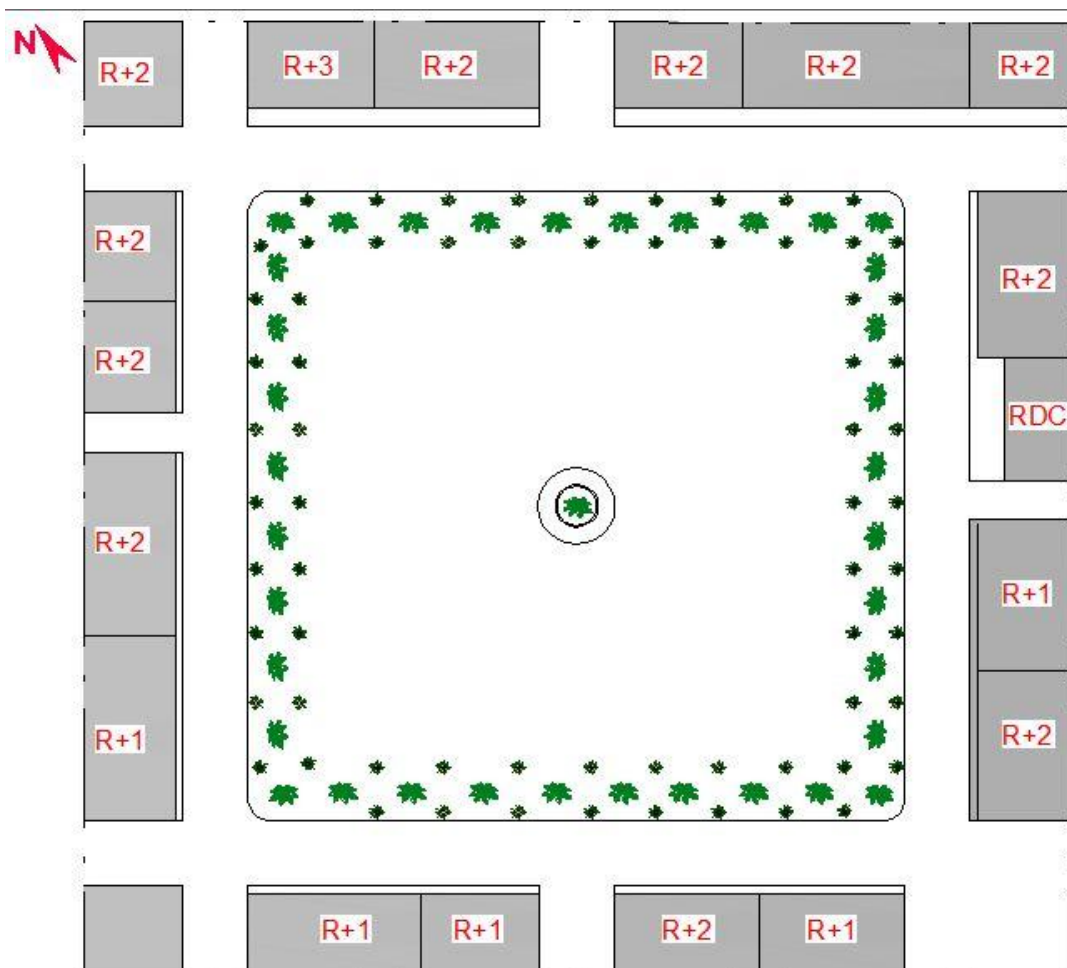


Figure 24. Plan d'aménagement de la place du 1er Novembre dessiné sur Autodesk-Autocad.
Source. Auteur.

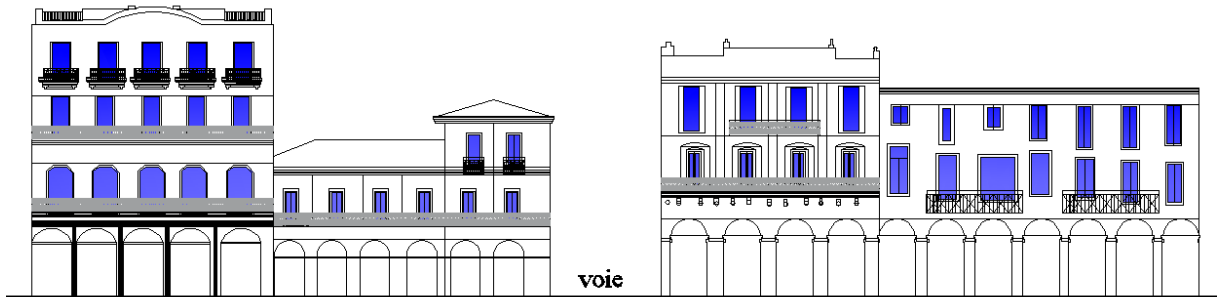


Figure 25. Façade Nord-est (place du 1er Novembre) dessiné sur Autodesk-Autocade.
Source. Auteur.

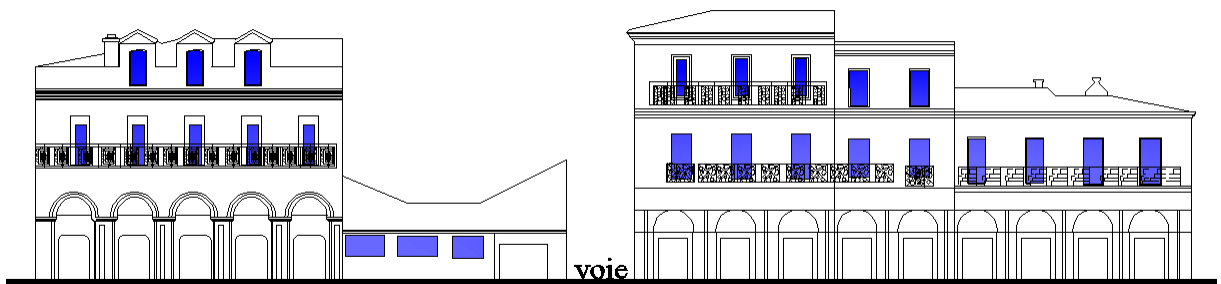


Figure 26. Façade Sud-est (place du 1er Novembre) dessiné sur Autodesk-Autocad.
Source. Auteur.

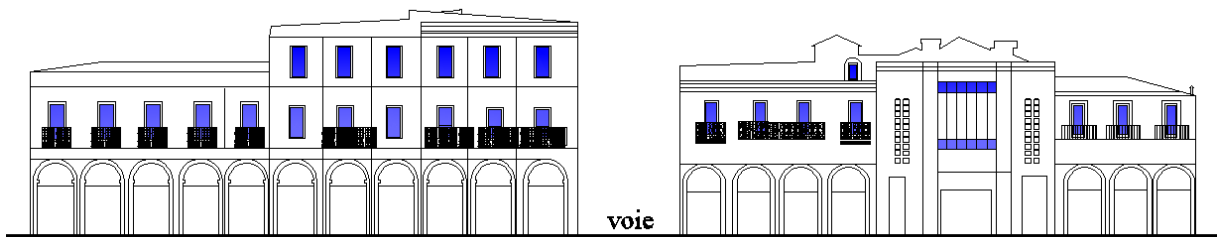


Figure 27. Façade Sud-ouest (place du 1er Novembre) dessiné sur Autodesk-Autocad.
Source. Auteur.

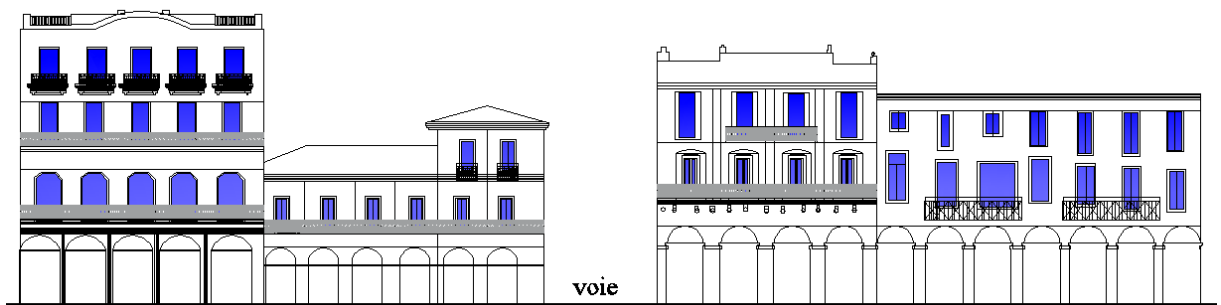


Figure 28. Façade Nord-ouest (place du 1er Novembre) dessiné sur Autodesk-Autocad.
Source. Auteur.

3.3.2 Place de la cité "Les Bananiers"

Cette place est située au centre de l'ancienne cité "Les bananiers", une cité d'habitation de type collectif. Elle est caractérisée par ses blocs identiques en forme de barres étendues. La place est un espace bordé de trois blocs : Au Nord en R+3, au Sud en R+4, à l'Est en R+2, sauf au côté Ouest où il y a une série de locaux adjacents en RDC.



Figure 29. Vu satellite sur la place de la cité Les Bananiers.

Source. (Google earth, 2017)

La place de la cité les Bananiers est plus ou moins vaste (3048 m²), de forme rectangulaire (57.5x53) m², orientée Nord et Sud. Elle est entièrement couverte par la pelouse et le gazon. Les trottoirs bordant la place sont revêtus par un carrelage anti dérapant de couleur grise et rouge brique. Autour de la place il y a une voie pour la circulation des véhicules en bitume gris foncé. Il à remarquer le nombre important et la variété des arbres dans cette place d'où résulte un microclimat. Le Tableau suivant montre quelques caractéristiques de ces arbres.

Arbre	Type de feuillage	Nombre	Description
Palme type 01	persistant	3 arbres	Hauteur=8m Arbre moyenne (Mi-vie)
Palme type 02 (Wchingtonia)	persistant	32 arbres	Hauteur=1m Petite arbre (Très jeune)
Platane	Caduc	21 arbres	Hauteur=10m Grande arbre (mi-vie)
Pain	persistant	18 arbres	Hauteur=8m Grande arbre(Mature)
Cazarina	Caduc	10 arbres	Hauteur=5m Arbre moyenne (mi-vie)

Tableau 11. Types d'arbres existants sur la place de la cité les Bananiers.

Source. Auteur.

Les façades autour de la place présentent moins de décrochements et moins d'éléments de décoration. Notons que la place est actuellement utilisée comme une aire de jeux pour les enfants de la cité et elle reste vide et mal aménagée malgré sa situation remarquable au sein de la cité, et sa variété végétale. Nous présentons ci-après le plan de la place ainsi que les façades des édifices l'entourant que nous avons élaborés.

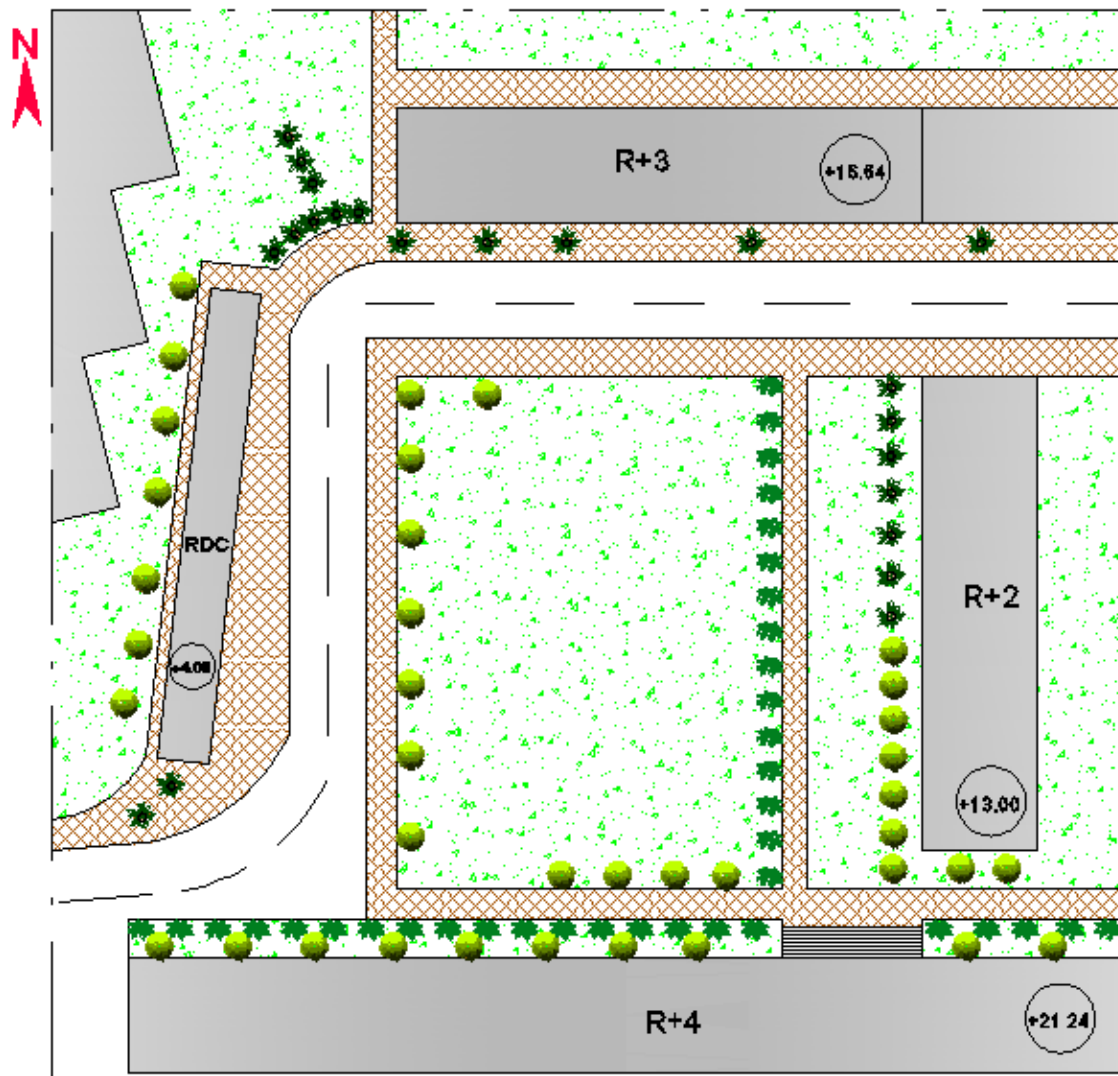


Figure 30. Plan d'aménagement de la place de la cité les Bananiers dessiné sur Autodesk-Autocad.
Source. Auteur.

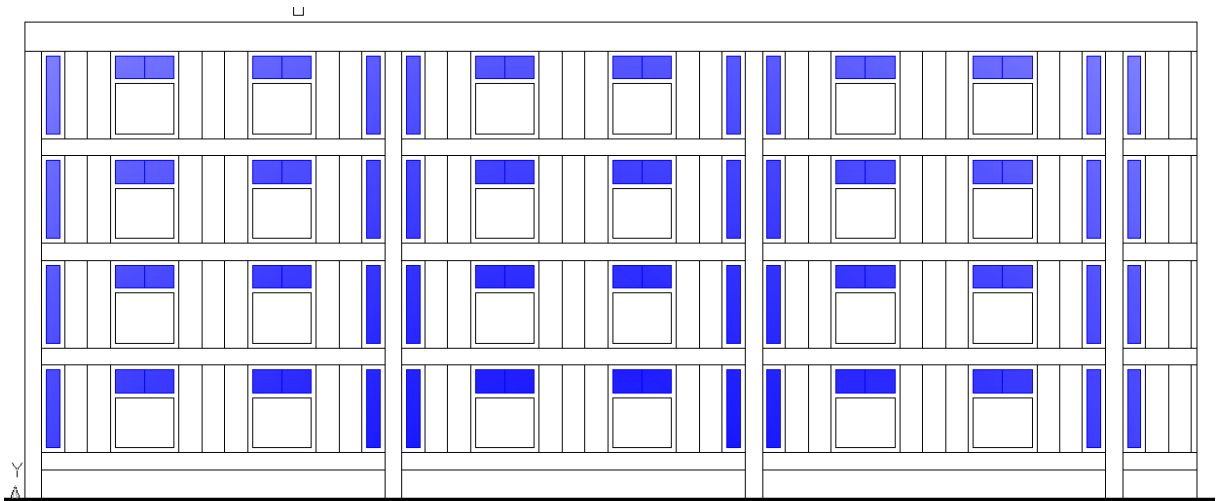


Figure 31. Façade Nord (place de la cité les Bananiers) dessinée sur Autodesk-Autocad.
Source. Auteur.

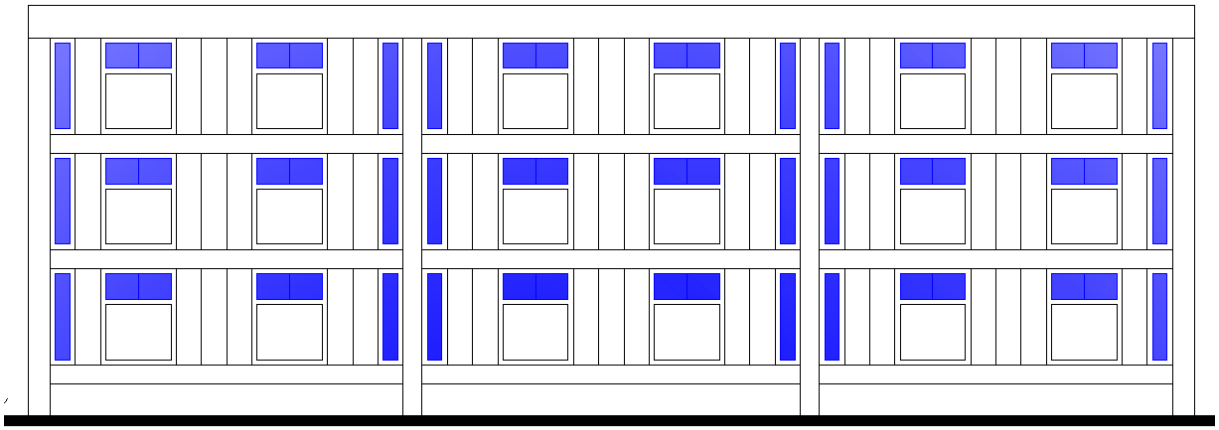


Figure 32. Façade Est (place de la cité les Bananiers) dessinée sur Autodesk-Autocad.
Source. Auteur.

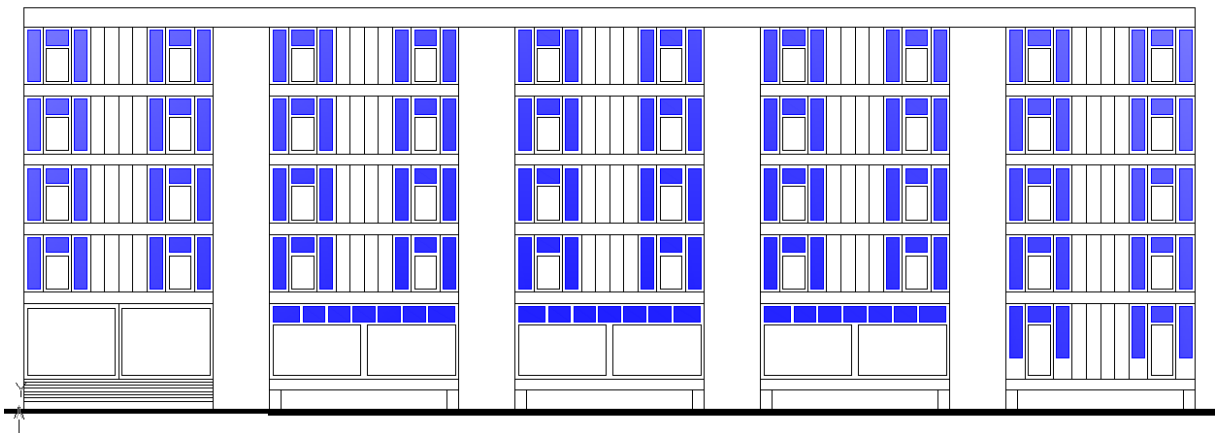


Figure 33. Façade Sud (place de la cité les Bananiers) dessinée sur Autodesk-Autocad.
Source. Auteur.

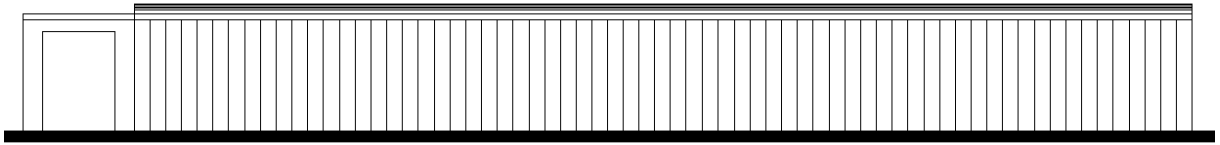


Figure 34. Façade Ouest (place de la cité les Bananiers) dessinée sur Autodesk-Autocad.
Source. Auteur.

3.3.3 Place de la cité "Les Palmiers"

Elle est située au centre de la cité "Les Palmiers". Une cité d'habitation de type individuel, avec différentes formes de bâti. La place est bordée du côté Nord-est, Sud-est et Sud-ouest, par des maisons en RDC et R+1 et où le RDC est réservé au commerce. Alors, qu'elle est délimitée par la rue du côté Nord-ouest. Les bâtiments de la cité ont subi beaucoup de modifications ce qui a fait perdre à la place son identité. La surface de la place est de 3640m², de forme rectangulaire (104x35) m². Elle est orientée Nord-ouest et Sud-est.

Le sol de la place est couvert par la pelouse et du carrelage anti dérapant de couleur grise et rouge brique. Autour de la place il y a une voie pour la circulation des véhicules en bitume gris foncé.

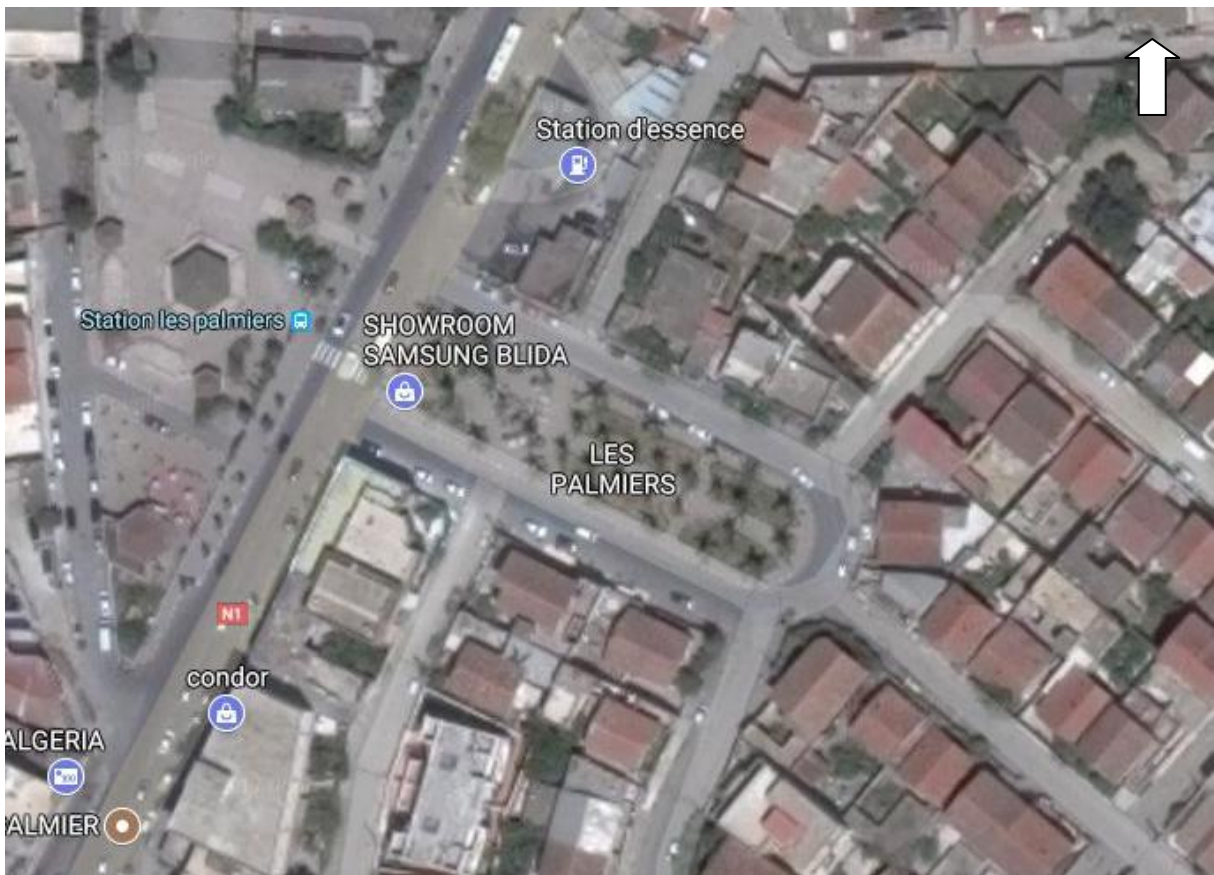


Figure 35. Vu satellite sur la place de la cité Les Palmiers.
Source. (Google earth, 2017)

Cette place est caractérisée par le nombre important des arbres dont la majorité sont des palmiers. Le Tableau suivant montre quelques caractéristiques de ces arbres.

Arbre	Type de feuillage	Nombre	Description
Palme type 01	persistant	19 arbres	Hauteur=10m Arbre moyenne (Mi-vie)
Palme type 02 (Washingtonia)	persistant	15 arbres	Hauteur=12m Arbre moyenne (Mi-vie)
Platane	Caduc	06 arbres	Hauteur=06m Grande arbre (mi-vie)
Pain	persistant	01 arbre	Hauteur=12m Grande arbre(Mature)
Cazarina	Caduc	02 arbres	Hauteur=05m Arbre moyenne (mi-vie)
Mure	Caduc	04 arbres	Hauteur=10m Grande arbre(Mature)

Tableau 12. Types d'arbres existants sur la place de la cité les Palmiers.

Source. Auteur.

Nous présentons ci-après le plan que nous avons élaboré la place ainsi que les façades des édifices qui l'entourent que nous avons élaborés.

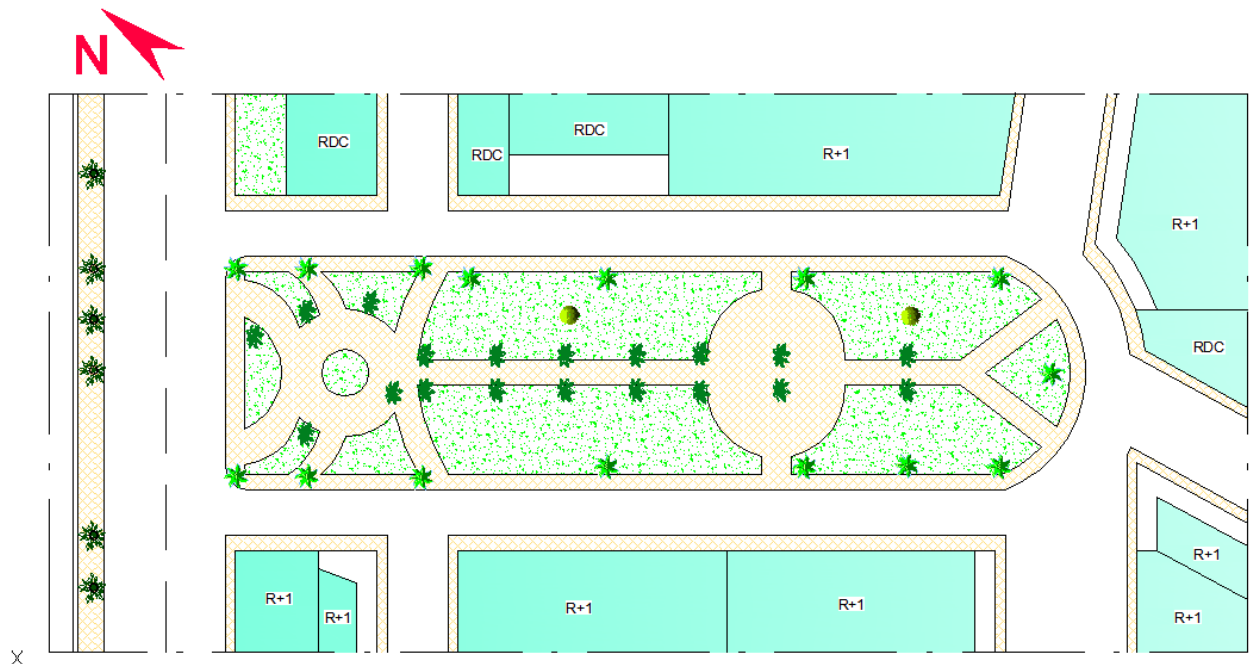


Figure 36. Plan d'aménagement de la place de la cité les Palmiers dessiné sur Autodesk-Autocad.

Source. Auteur.

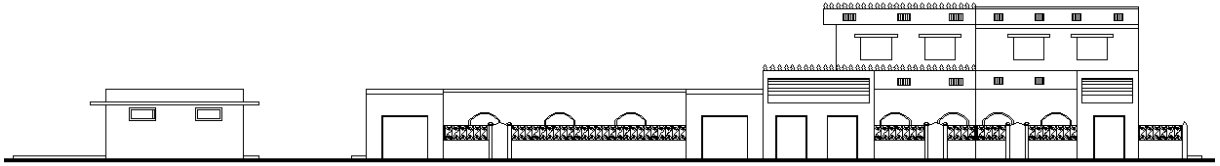


Figure 37. Façade Nord-est (place de la cité les Palmiers) dessinée sur Autodesk-Autocad.
Source. Auteur.



Figure 38. Façade Sud-est (place de la cité les Palmiers) dessinée sur Autodesk-Autocad.
Source. Auteur.



Figure 39. Façade Sud-ouest (place de la cité les Palmiers) dessinée sur Autodesk-Autocad.
Source. Auteur.

3.4 Logiciels utilisés

Pour nos cas d'étude, nous étudions divers facteurs qui influencent le confort thermique des usagers dans les espaces étudiés. La simulation est assez importante pour l'évaluation de certains paramètres à savoir :

- Le facteur de vue du ciel FVC
- La température moyenne radiante T_{mrt}
- L'indice thermo physiologique PET

3.4.1 RayMan

Pour conduire notre étude, nous avons choisi le logiciel RayMan Pro version 2.1 (1999-2010). C'est un logiciel développé par Andreas Matzarakis et Frank Rutz sur la base des directives allemandes VDI-3789. Il permet de réaliser les modèles en 3D puis calculer certains indicateurs du confort thermique comme la PET.

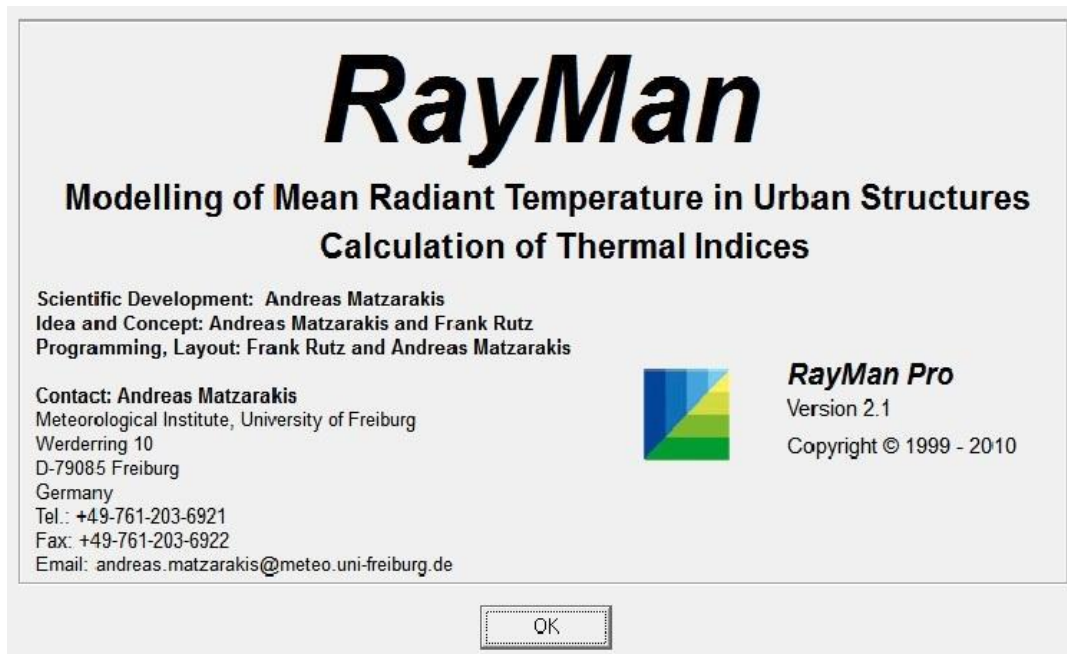


Figure 40. Fenêtre du démarrage du RayMan Pro.

Source. Auteur.

Le logiciel RayMan Pro en 3D estime les flux du rayonnement incident en courte et grande longueur d'onde sur le corps humain, tout en prenant en considération les effets de la combinaison des nuages et des obstacles solides comme les bâtiments et les arbres avec les deux types, caducs et persistants.

3.4.1.1 Simulations par Rayman

Le logiciel RayMan Pro se base sur le principe (Entrées/Sorties), ce qui permet de faire entrer les données caractérisant nos cas d'étude, et puis faire ressortir les résultats recherchés par l'utilisateur. La figure suivante représente l'interface du logiciel dont laquelle nous pouvons contrôler toutes les données.

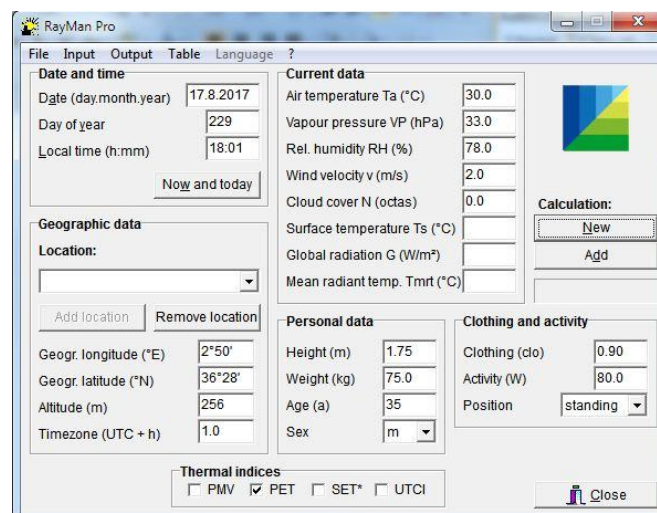


Figure 41. Fenêtre de contrôle.

Le schéma suivant synthétise le principe de la simulation par Ray-man pro.

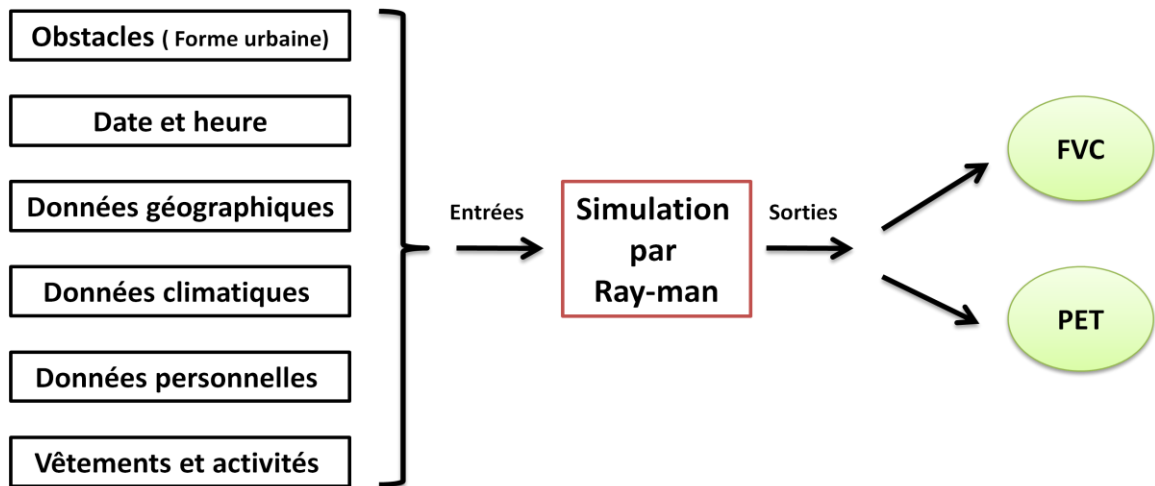


Figure 42. Schéma explicatif le principe (Entrées/ Sorties) de la simulation par Ray-man pro.

Source. Auteur.

La lecture du schéma figure 43, indique que la simulation par Ray-man pro nécessite l'entrée de certaines données comme les obstacles qui caractérisent la forme urbaine du site choisi. Alors que les sorties sont des indicateurs figurant sous formes d'un tableau (Data table). Les figures suivantes illustrent les captures d'écrans de divers paramètres d'entrée :

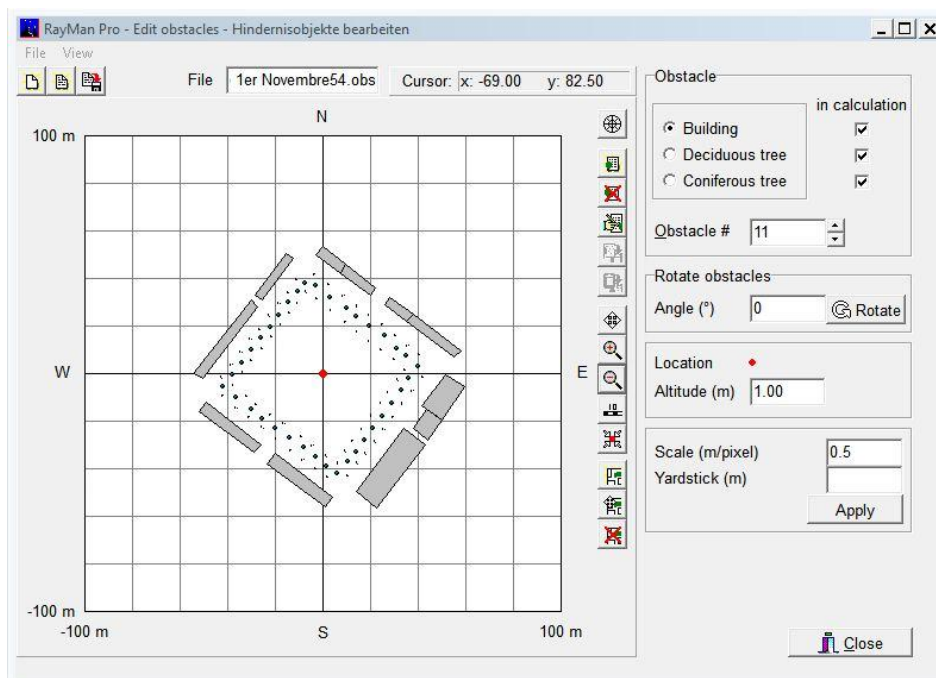


Figure 43. Fenêtre du dessin des obstacles

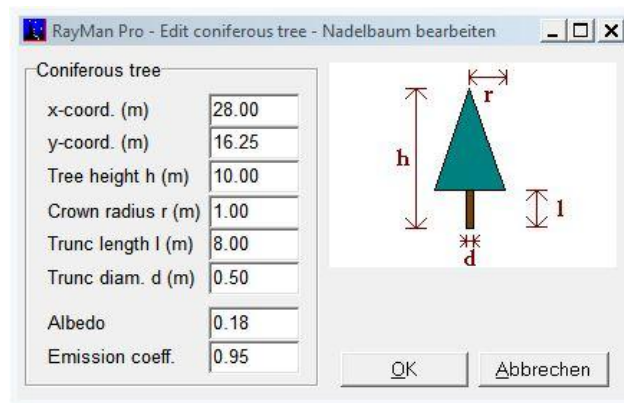


Figure 44. Fenêtre d'entrée des caractéristiques d'arbre.

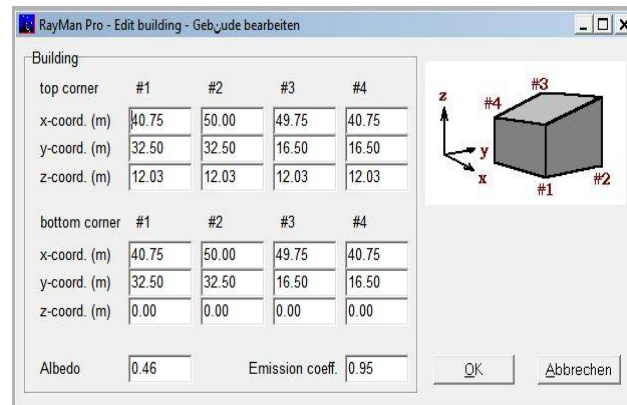


Figure 45. Fenêtre d'entrée des caractéristiques du bâtiment.

3.4.2 Microsoft office Excel

Depuis sa création au début des années 1980, Microsoft Excel est un logiciel tableur de la suite bureautique Microsoft Office développé et distribué par l'éditeur Microsoft. Il intègre des fonctions de calcul numérique, de représentation graphique, d'analyse de données et de programmation (mdf-xlpages, 2006).

Microsoft Excel permet de réaliser des illustrations très intéressantes (graphes, tableaux, courbes, secteurs...etc.) lors de l'analyse de nos résultats obtenus de la simulation par RayMan.

3.5 Données climatiques

Selon notre objectif qui vise la perception thermique du piéton dans la place, nous avons choisi la période estivale comme référence et durant laquelle la sensation de chaleur est gênante, surtout que la ville de Blida est connue par ses conditions climatiques dures en été.

Concernant le choix des journées d'étude. En premier temps nous avons choisi le milieu de chaque mois de la période estivale, le 15 (Juin/Juillet/Aout), mais cette année 2017, le 15 Juillet a été caractérisée par un temps nuageux. De ce fait nous avons choisi les 17(Juin/Juillet/Aout), comme les journées les plus chaudes qui représentent le climat idéal, répondant aux objectifs de notre étude.

Jours	Périodes	Température (C°)	Vent		Humidité (%)
			Sens	Vitesse (m/s)	
17 Juin 2017	Le Matin De 06 :01 à 12 :00	28	Nord/Est	3	65
	Le Jour De 12 :01 à 18 :00	31	Nord/Est	4	53
	Le soir De 18 :01 à 00 :00	25	Nord/Est	4	75
	La nuit De 00 :01 à 06 :00	25	Est	2	75
17 Juillet 2017	Le Matin De 06 :01 à 12 :00	33	Est	2	20
	Le Jour De 12 :01 à 18 :00	36	Nord	3	25
	Le soir De 18 :01 à 00 :00	32	Nord	2	48
	La nuit De 00 :01 à 06 :00	27	Sud	2	29
17 Aout 2017	Le Matin De 06 :01 à 12 :00	30	Ouest	2	86
	Le Jour De 12 :01 à 18 :00	33	Nord	3	59
	Le soir De 18 :01 à 00 :00	30	Nord/Est	2	78
	La nuit De 00 :01 à 06 :00	25	Ouest	2	90

Tableau 13. Données climatiques de la ville de Blida.
Source. (ar.weather-forecast.ru, 2009).

3.6 Evaluation de l'albédo

Nous avons calculé les valeurs d'albédo moyen des surfaces en suivant une méthodologie qui prend en considération les surfaces des façades des bâtiments et le sol de la place, autrement dit les surfaces délimitant la place.

Le processus suivi pour définir l'albédo d'une façade est le suivant : l'albédo total d'une surface égale à l'albédo du premier matériau multiplié par son pourcentage d'occupation dans la façade plus l'albédo du deuxième matériau multiplié par son pourcentage d'occupation et ainsi de suite. Les valeurs de l'albédo ont été obtenues à partir d'une base de données des caractéristiques physiques et solaires des matériaux.

1er cas Place du 1er Novembre

Les bâtiments de la place du 1er Novembre dite placet Ettout, sont conçus lors de la période coloniale. Les façades sont composées de plusieurs matériaux distincts, comme la pierre, le béton, le plâtre, le verre, les persiennes en bois, les bardages métallique. Les murs sont revêtus de plusieurs revêtements colorés utilisés afin de créer des ambiances visuelles. Le pourcentage du vitrage est faible et varie selon les façades. Notons aussi une large gamme de couleurs utilisées

lors les nouveaux travaux de réfection cette année. Le sol est en Granites de couleur grise (60x60cm), bien que la voie et en Bitume gris foncé. Chaque façade est composée de deux parties (a) et (b). Voir figure 48.

Calcul de l'Albédo moyen des façades (Place du 1er Novembre)					
Façades		Description de façade	Pourcentage(%) d'occupation dans la façade	Albédo	
				Individuelle	Totale
Coté Nord-Oeust	Façade A	Vitrage simple	13,66	0,08	0,31
		Enduit Coloré (Peinture Bleu ciel)	86,34	0,35	
	Façade B	Vitrage simple	9	0,08	0,7
		Enduit Coloré (Peinture Jaune claire)	91	0,77	
Coté Sud-Est	Façade A	Vitrage simple	7,76	0,08	0,47
		Enduit Coloré (Peinture verte claire)	92,24	0,5	
	Façade B	Vitrage simple	19,75	0,08	0,3
		Enduit Coloré (Peinture Beige claire)	80,25	0,35	
Coté Nord-Est	Façade A	Vitrage simple	14,95	0,08	0,43
		Enduit Coloré (Peinture Jaune claire)	42,52	0,77	
		Enduit Coloré (Peinture Rouge brique)	42,53	0,21	
	Façade B	Vitrage simple	12,77	0,08	0,5
		Enduit Coloré (Peinture Jaune claire)	43,61	0,77	
		Enduit Coloré (Peinture Rose claire)	43,62	0,35	
Coté Sud-Ouest	Façade A	Vitrage simple	9	0,08	0,32
		Enduit Coloré (Peinture Beige claire)	91	0,35	
	Façade B	Vitrage simple	3,83	0,08	0,34
		Enduit Coloré (Peinture Bleu ciel)	96,17	0,35	

Tableau 14. Calcul de l'Albédo moyen des façades de la Place du 1^{er} Novembre.

Source. Auteur.

D'après les résultats obtenus, nous avons remarqué que les valeurs de l'albédo moyen varient d'une façade à une autre, selon les propriétés physiques et solaires des matériaux constituant les surfaces des façades, ainsi que le pourcentage de chaque matériau.

Nous remarquons pour la façade B de côté Nord-Ouest, que la majorité de sa surface est revêtue de l'enduit coloré en peinture de couleur Jaune claire (+90%). Cette couleur est proche de la couleur blanche. De ce fait cette façade a un haut albédo de 0.7. Alors que l'albédo des autres façades est plus faible, avec des valeurs moyennes de 0.3 à 0.5.

Calcul de l'Albédo moyen du sol de la Place du 1er Novembre					
Surface	Description	Superficie (m ²)	Pourcentage(%) d'occupation dans la plate forme	Albédo	
				Individuelle	Totale
Plate forme	Bitume	4270,51	69,21	0.25	0.28
	Granite gris	1899,42	30,79	0.35	

Tableau 15. Calcul de l'Albédo moyen du sol de la Place du 1^{er} Novembre.

Source. Auteur.

Le sol de la place se compose de deux matériaux, Le Bitume et le Granite gris. Ces matériaux sont caractérisés par une valeur d'albédo proche et plus ou moins faible ce qui rend l'albédo de la place plus faible.

2ème cas Place de la cité "Les Bananiers"

Les façades des bâtiments autour la place de la cité Les Bananiers sont caractérisées par leur simplicité (moins de décoration et moins de décrochements), avec des bandes séparant les niveaux de couleurs jaune claire. Les ouvertures sur ces façades sont de deux types fenêtres et loggias. Le pourcentage du vitrage est moins que celui du revêtement coloré en beige claire. Cette couleur est la dominante pour toutes les façades. La végétation est l'élément le plus dominant au sol de la place où la pelouse couvre la majorité de sa surface.

Calcul de l'Albédo moyen des façades de la Place de la cité Les Bananiers				
façade	Description de façade	Pourcentage(%) d'occupation dans la façade	Albédo	
			Individuelle	Totale
Façade Nord	Vitrage simple	11	0,08	0,32
	Enduit Coloré (Peinture Beige claire)	89	0,35	
Façade Sud	Vitrage simple	13	0,08	0,31
	Enduit Coloré (Peinture Beige claire)	87	0,35	
Façade Est	Vitrage simple	11	0,08	0,32
	Enduit Coloré (Peinture Beige claire)	89	0,35	
Façade Ouest	Tôle métallique	100	0,15	0,15

Tableau 16. Calcul de l'Albédo moyen des façades de la Place de la cité Les Bananiers.

Source. Auteur.

D'après les résultats obtenus, nous avons remarqué que les valeurs de l'albédo moyen sont identiques pour les trois façades (Nord, Est et Sud), malgré leur différence en hauteurs mais le pourcentage des matériaux couvrant les surfaces des façades sont presque les mêmes, ainsi que le même choix de couleur (Beige clair). La surface de la façade Ouest est constitué d'une série de portes de garages, constituant un écran en métal.

Les trois façades ont une valeur d'albédo plus ou moins faible (de 0.30 à 0.35) et la façade Ouest a une valeur très faible (0.15).

Calcul de l'Albédo moyen du sol de la Place de la cité Les Bananiers					
Surface	Description	Superficie (m ²)	Pourcentage(%) d'occupation dans la plate forme	Albédo	
				Individuelle	Totale
Plate forme	Terrain végétal	1713	55	0.25	0.27
	Carrelage (gris)	748	24	0.35	
	Bitume	663	21	0.25	

Tableau 17. Calcul de l'Albédo moyen du sol de la Place de la cité Les Bananiers.

Source. Auteur.

Le sol de la place est marqué par sa couverture végétale (+ 50%), avec les passages réservés aux piétons revêtus de carrelage anti dérapant de couleur grise occupant presque 25%, et

la voie en bitume occupe le reste du sol (25%). Ces matériaux ont des valeurs d'albédo plus ou moins faible ce qui affaiblit la valeur de toute la plate forme (0.27).

3ème Cas Place de la cité Les Palmiers

Les bâtiments autour la place de la cité Les Palmiers sont caractérisés par leurs façades revêtues de l'enduit coloré en peintures claires comme le jaune clair et le blanc.

La végétation est l'élément le plus dominant au sol de la place où la pelouse couvre la majorité de sa surface.

Calcul de l'Albédo moyen des façades de la Place de la cité Les Palmiers				
Façades	Description de façade	Pourcentage(%) d'occupation dans la façade	Albédo	
			Individuelle	Totale
Façade Est	Vitrage simple	5.5	0.08	0.73
	Enduit Coloré (Peinture jaune claire)	94.5	0.77	
Façade Sud	Vitrage simple	19.3	0.08	0.64
	Enduit Coloré (Peinture jaune claire)	80.7	0.77	
Façade Ouest	Vitrage simple	3.7	0.08	0.8
	Enduit Coloré (Peinture Blanche)	96.3	0.82	

Tableau 18. Calcul de l'Albédo moyen des façades de la Place de la cité Les Palmiers.

Source. Auteur.

D'après les résultats obtenus, nous avons remarqué que les trois façades sont à haut albédo, avec une valeur marquée de 0.8 pour la façade Ouest, grâce à sa couleur blanche.

Calcul de l'Albédo moyen du sol de la Place de la cité Les Palmiers					
Surface	Description	Superficie (m ²)	Pourcentage(%) d'occupation dans la plate forme	Albédo	
				Individuelle	Totale
Plate forme	Terrain végétal	1027	29.8	0.25	0.27
	Carrelage (gris)	878	25.48	0.35	
	Bitume	1540	44.72	0.25	

Tableau 19. Calcul de l'Albédo moyen du sol de la Place de la cité Les Palmiers.

Source. Auteur.

Il est remarquable que le sol de la place est marqué par sa couverture en végétale (+ 50%), avec les passages réservés aux piétons revêtue de carrelage anti dérapant de couleur grise occupant presque 25%, et la voie en bitume occupe le reste du sol (25%). Ces matériaux ont des valeurs d'albédo plus ou moins faible ce qui affaiblit la valeur de toute la plate forme (0.27).

Comparaison

Pour pouvoir comparer les valeurs d'albédo des trois places nous avons calculé les moyennes pour chaque place.

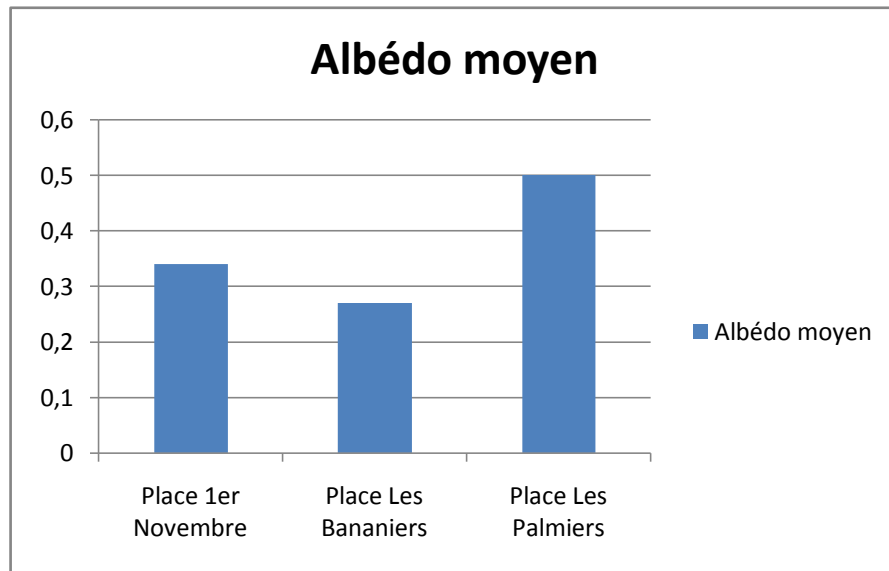


Figure 46. Comparaison d'albédo moyen des trois places sur Microsoft Office Excel.

Source. Auteur.

La lecture du schéma indique une différence entre les valeurs d'albédo moyen. La place de la cité Les Palmiers a un albédo moyen élevé de 0.5, avec des façades colorées en peinture claire comme le blanc. Alors que les deux autres places ont un faible albédo moyen de 0.34 et 0.27.

3.7 Evaluation du rapport H/L

Le rapport H/L est directement lié à la géométrie de la place, plus précisément à la hauteur des bâtiments autour de la place, ainsi que la largeur de la place elle-même. Pour calculer le rapport H/L pour les trois sites choisis nous avons réalisé plusieurs coupes transversales,

Les tableaux suivants représentent les résultats selon différentes coupes.

1^{er} Cas Place du 1er Novembre

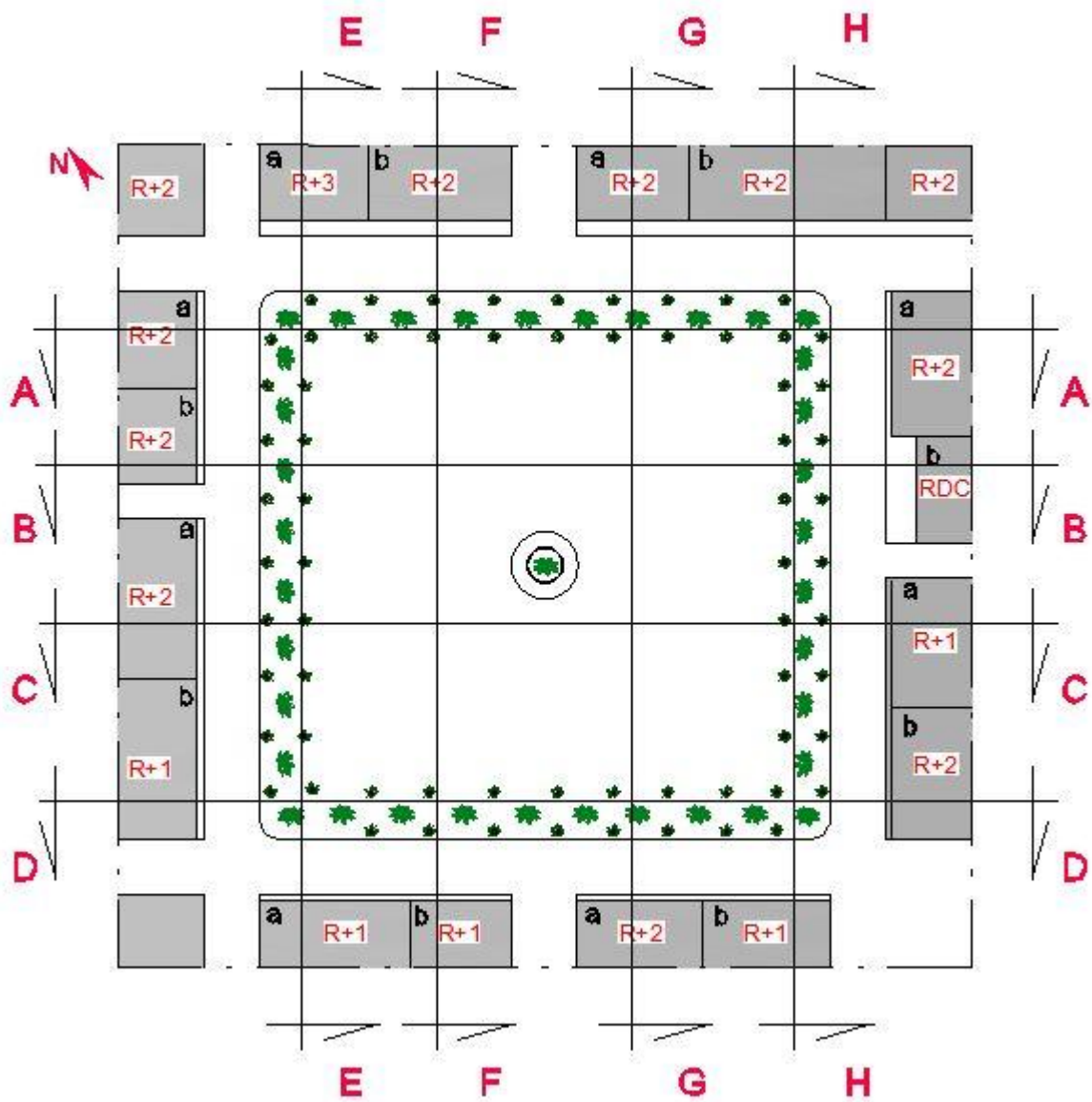


Figure 47. Choix des coupes sur le plan de la place du 1er Novembre, sur Autodesk-Autocad.
Source. Auteur.



Figure 48. Coupe A-A sur la place du 1er Novembre, dessiné sur Autodesk-Autocad.
Source. Auteur.

Calcul du rapport H/L (Place du 1 ^{er} Novembre)			
Coupes	(H) Hauteur (m)	(L) Largeur (m)	H/L
A - A	15,91	81,4	0,19
C - C	19,22	81,4	0,24
D - D	14,31	81,4	0,17
A - A	12,03	81,4	0,15
B - B	4,32	81,4	0,05
C - C	13,96	81,4	0,17
D - D	9,5	81,4	0,12
E - E	20,57	81,4	0,25
F - F	9,22	81,4	0,11
G - G	17,25	81,4	0,21
H - H	15	81,4	0,18
E - E	10,25	81,4	0,12
F - F	13,43	81,4	0,16
G - G	10,75	81,4	0,13
H - H	11	81,4	0,13

Tableau 20. Résultats de calcul du rapport H/L pour la place du 1er Novembre.
Source. Auteur.

Pour notre cas de la place du 1er Novembre, marquée par sa forme carrée (81.4 x81.4 m²), La lecture du tableau des résultats, indique une valeur moyenne de 0.15 pour la majorité des bâtiments. Avec une valeur maximale de 0.25 pour le bâtiment A du côté Nord-est, et une valeur minimale de 0.05 pour la façade A du côté Sud-est.

2eme cas Place de la cité "Les Bananiers" :

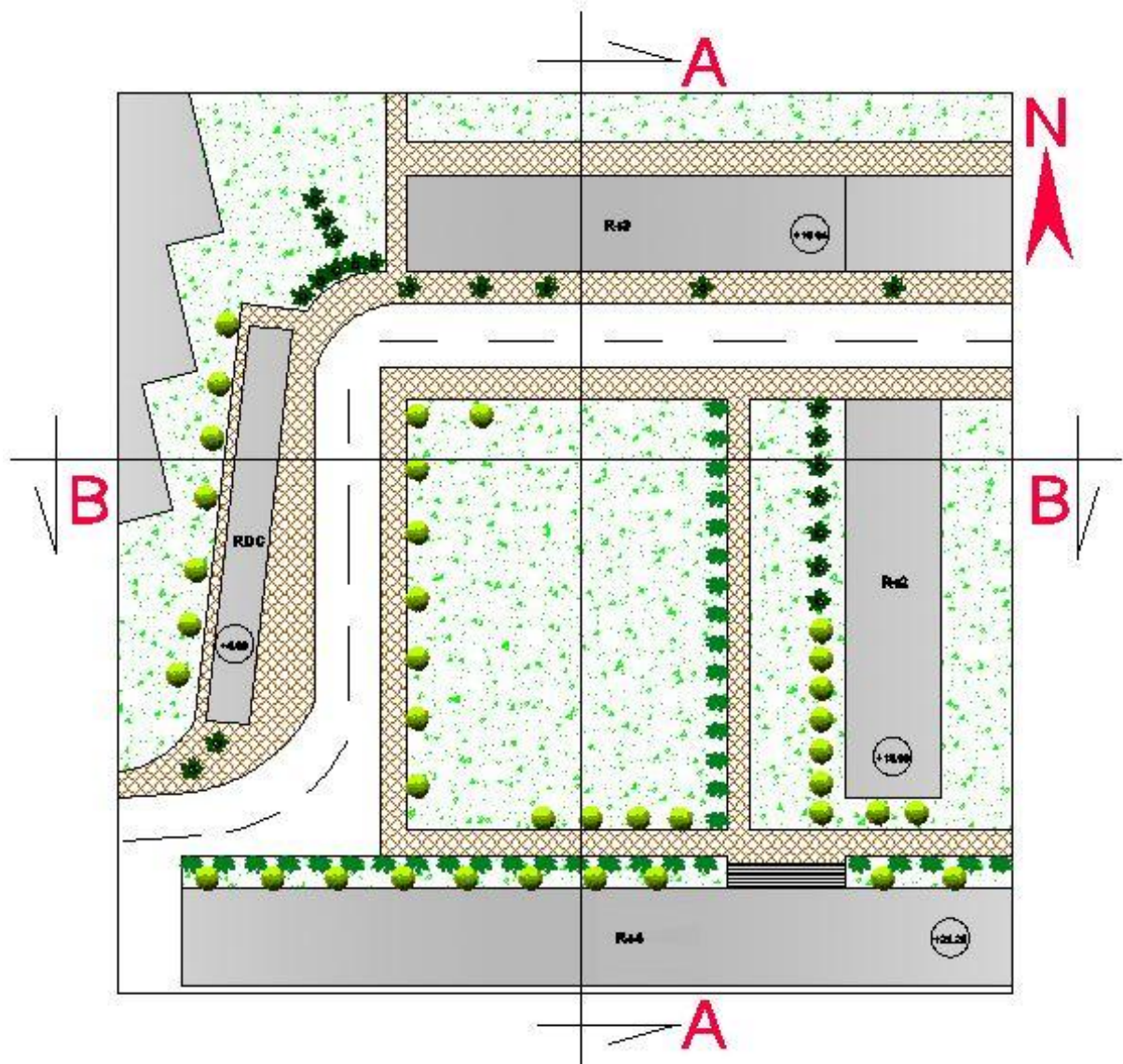


Figure 49. Choix des coupes sur le plan de la place de la cité Les Bananiers, dessiné sur Autodesk-Autocad.

Source. Auteur.

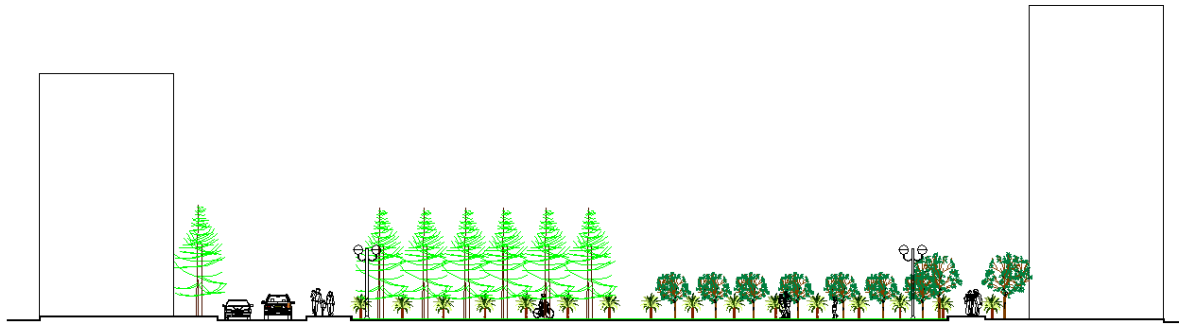


Figure 50. Coupe B-B sur la place de la cité Les Bananiers, dessiné sur Autodesk-Autocad.

Source. Auteur.

Calcul du rapport H/L (Place de la cité Les Bananiers)				
Coupes	Façades	(H) Hauteur (m)	(L) Largeur (m)	H/L
Coupes A-A	Façade Nord	16.64	53	0.32
	Façade Sud	21.24	53	0.4
Coupes B-B	Façade Est	13	57.5	0.23
	Façade Ouest	4	57.5	0.07

Tableau 21. Résultats de calcul du rapport H/L pour la place de la cité Les Bananiers.

Source. Auteur.

Pour la place de la cité "Les Bananiers", la lecture du tableau des résultats, indique une valeur moyenne de 0.3, sauf sur la façade Ouest avec une valeur très faible de 0.07 ce bâtiment est marqué par sa hauteur très basse de 4m.

3eme cas Place de la cité "Les Palmiers" :

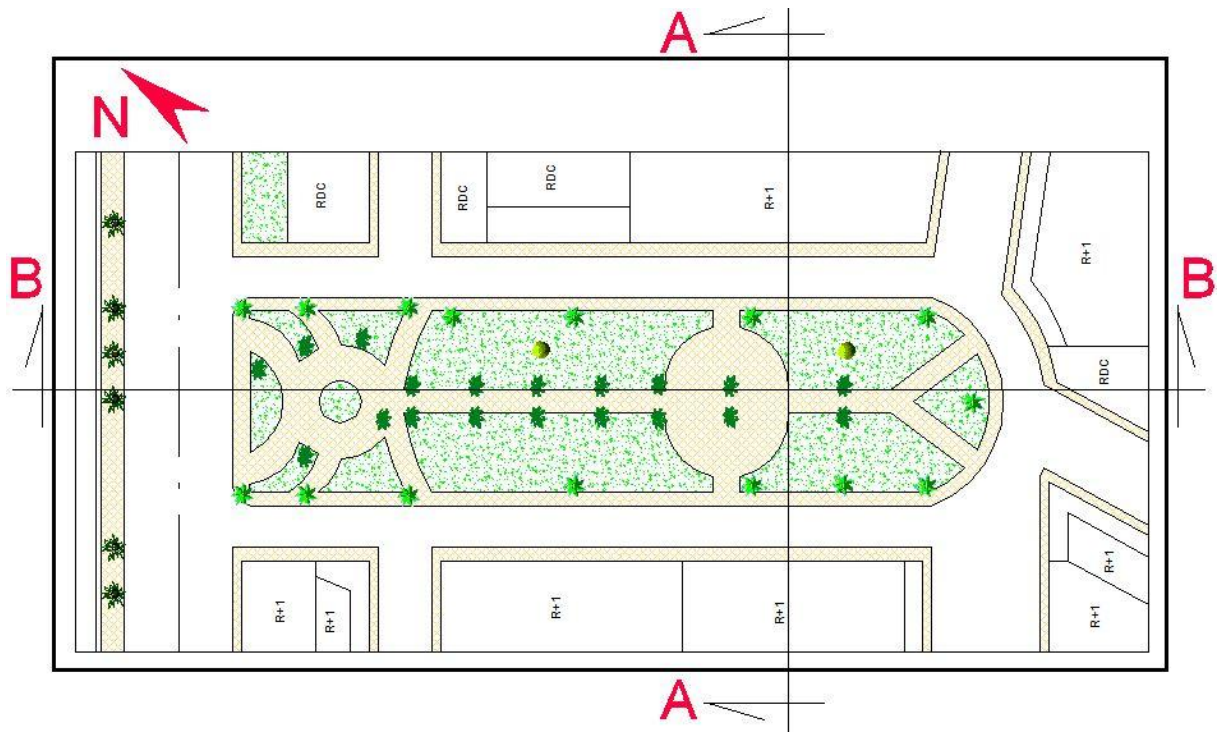


Figure 51. Choix des coupes sur le plan de la place de la cité Les Palmiers, dessiné sur Autodesk-Autocad.

Source. Auteur.



Figure 52. Coupe A-A sur le plan de la place de la cité Les Palmiers, dessiné sur Autodesk-Autocad.

Source. Auteur.

Calcul du rapport H/L (Place de la cité Les Palmiers)				
Coupes	Façades	(H) Hauteur (m)	(L) Largeur (m)	H/L
Coupes A-A	Façade Nord/Est	10	35	0.28
	Façade Sud/ Ouest	11.5	35	0.33
Coupes B-B	Façade Sud/Est	9	104	0.08

Tableau 22. Résultats de calcul du rapport H/L pour la place de la cité les Palmiers.

Source. Auteur.

Pour la place de la cité les Palmiers. La lecture du tableau des résultats, indique une valeur moyenne de 0.3, sauf sur la façade Sud-est avec une valeur très faible de 0.08 cette façade est en face de la partie la plus large de la place de 104 m.

Comparaison

Pour pouvoir comparer les valeurs du rapport H/L des trois place nous avons calculé les moyennes pour chaque place.

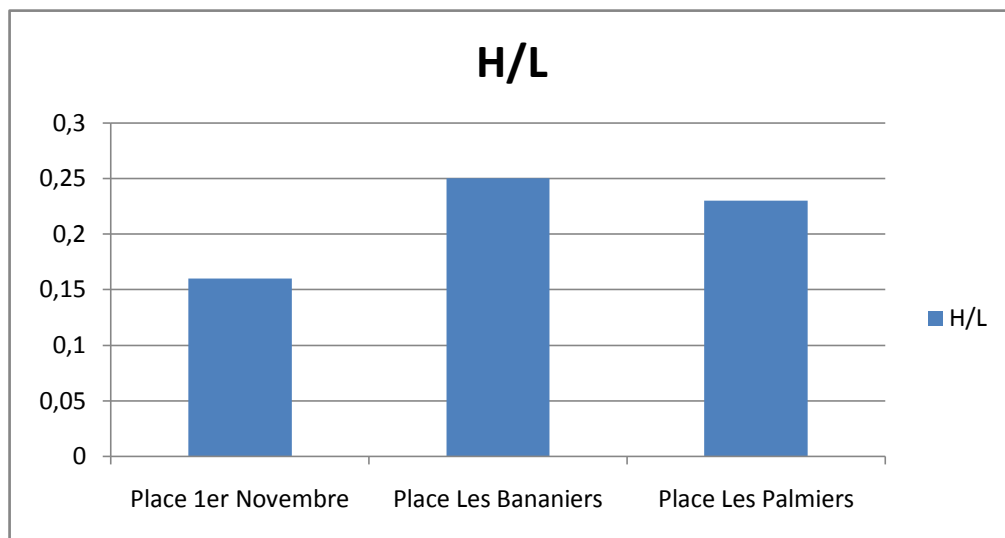


Figure 53. Comparaison du rapport H/L des trois places sur Microsoft Office Excel.
Source. Auteur.

Les valeurs du rapport H/L sont faibles pour toutes les places étudiées. La plus faible entre les trois est celle de la place du 1er Novembre avec une valeur de 0.16.

3.8 Evaluation du facteur de Vue du Ciel FVC et la Température Equivalente Physiologique PET

Nous objectif et de connaitre l'influence de la géométrie sur le confort thermique des usagers dans les espaces étudiés. Trois places ont fait l'objet de cette étude en période estivale. Nous avons choisi le modèle RayMan Pro pour réaliser une simulation afin d'évaluer certains paramètres à savoir :

- Le facteur de vue du ciel FVC ;
- L'indice thermo physiologique PET ;

Avant de commencer la simulation, nous avons fixé les paramètres liés à la personne, à savoir :

Paramètres	Valeurs
Age	35 ans
Sexe	Masculin
Hauteur	1.75 m
Poids	75 kg
Vêtements	0.90 clo
Activité	80.0 W
Position	Debout

Tableau 23. Paramètres liés à la personne choisie pour la simulation.
Source. Auteur.

3.8.1 Résultats obtenus par RayMan Pro (Valeur FVC)

1^{er} Cas Place du 1er Novembre

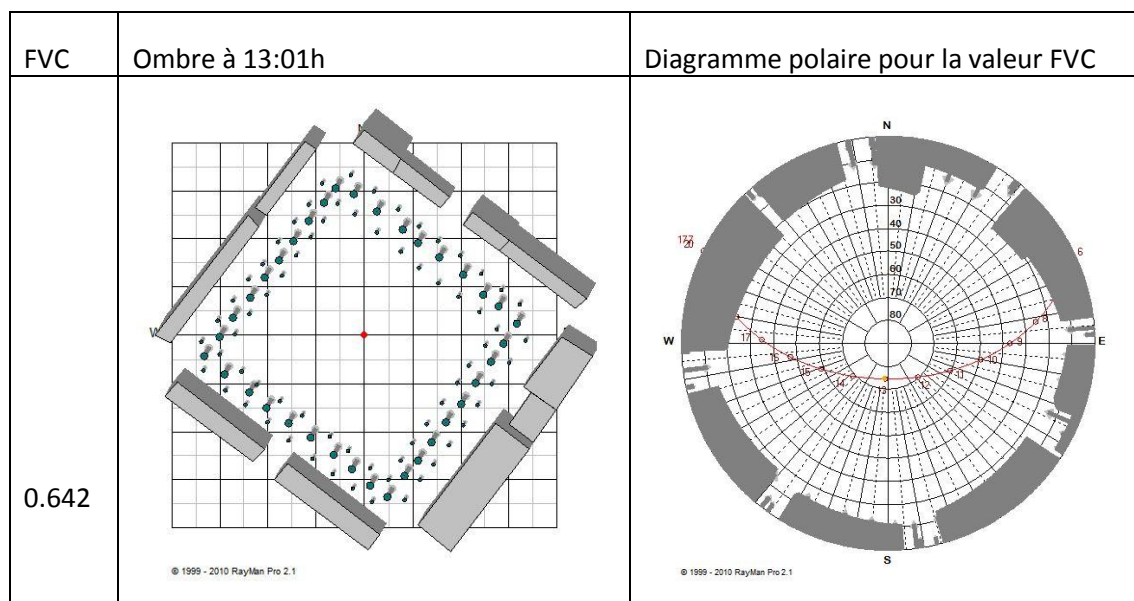


Figure 54. Résultats RayMan Pro, Diagramme polaire⁶ pour la valeur FVC pour la place du 1^{er} Novembre.

Source. Auteur.

La lecture des résultats obtenus pour le cas de la place du 1er Novembre, indique une valeur du FVC plus ou moins élevé 0.642, ce qui donne une image sur la géométrie de la place.

⁶ Un diagramme polaire représente essentiellement une courbe tracée sur une forme circulaire permettant d'afficher des tendances dans les valeurs de donnée au moyen d'angles.

2ème Cas Place de la cité "Les Bananiers"

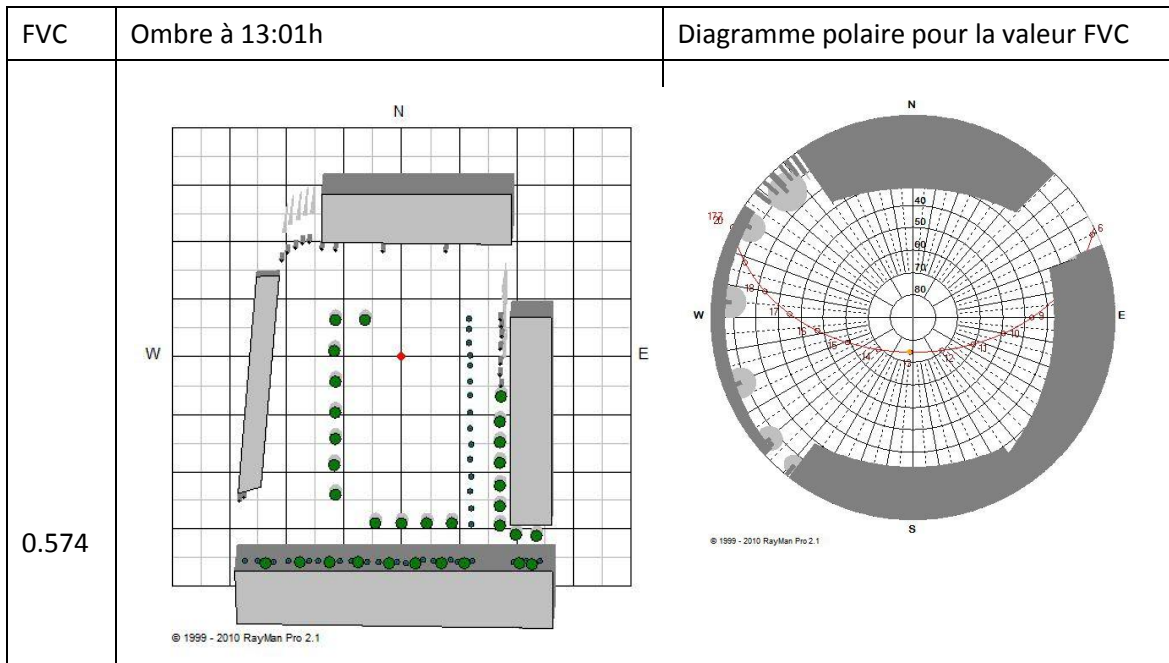


Figure 55. Résultats RayMan Pro, Diagramme polaire pour la valeur FVC pour la place de la cité "Les Bananiers".

Source. Auteur.

La lecture des résultats de simulation obtenus pour le cas de la place de la cité "Les Bananiers", indique une moyenne du FVC de 0.574. D'après le diagramme polaire, la vue est presque dégagée de toutes obstructions.

3eme Cas Place de la cité "Les Palmiers"

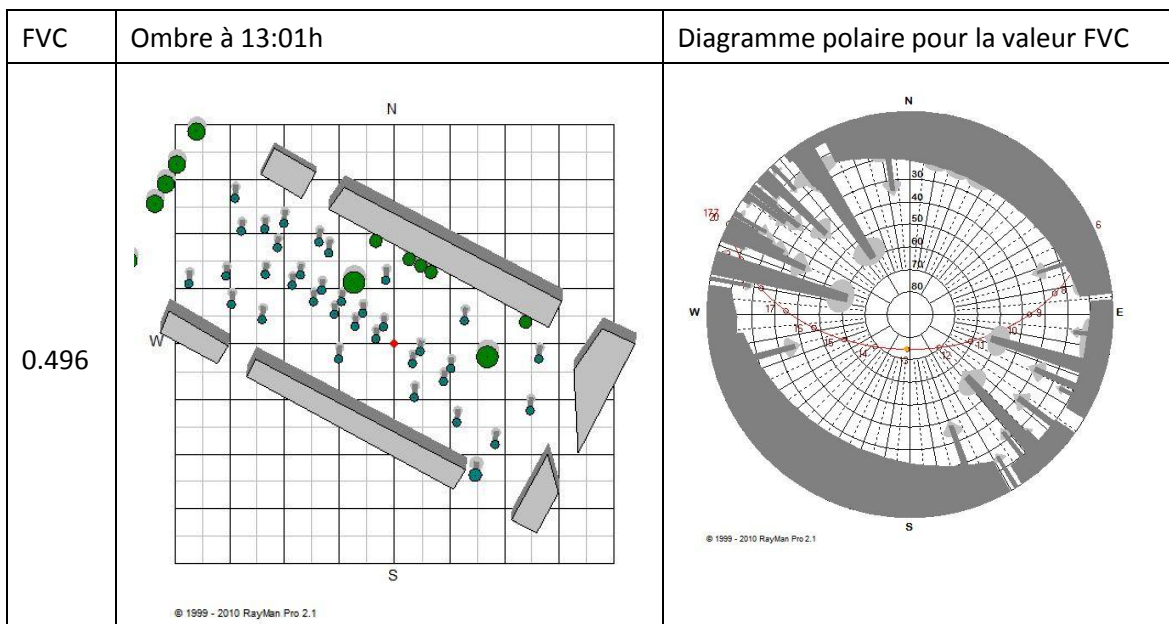


Figure 56. Résultats RayMan Pro, Diagramme polaire pour la valeur FVC pour la place de la cité "Les Palmiers".

Source. Auteur.

Pour le cas de la place de la cité "Les Palmiers", le FVC est moins par rapport aux deux autres places, avec un FVC de 0.496.

3.8.2 Résultats obtenus par RayMan Pro (Valeur PET)

Nous résumons ci-après les résultats de simulation du PET par des graphiques. Les résultats détaillés sont en annexes A.

1^{er} Cas Place du 1er Novembre

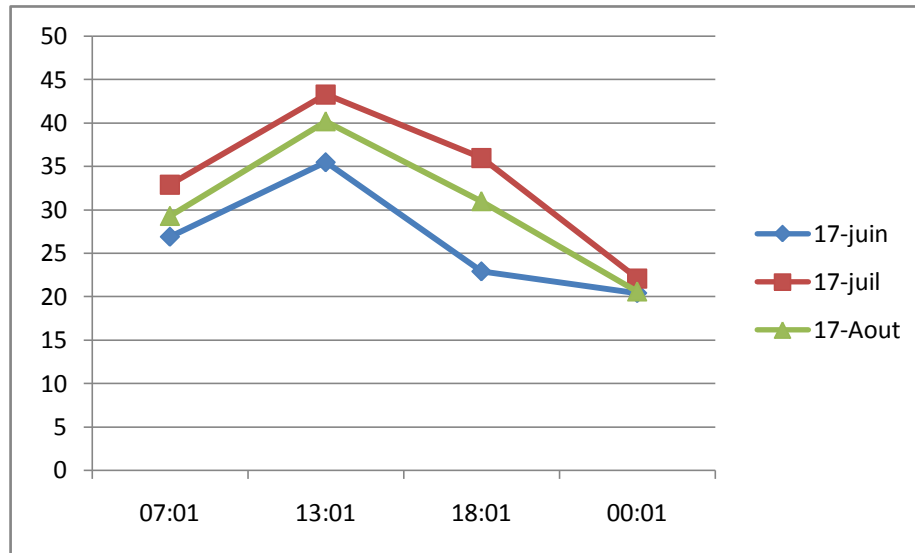


Figure 57. Variation de PET pour les jours de simulation ; place 1^{er} Novembre.

Source. Auteur.

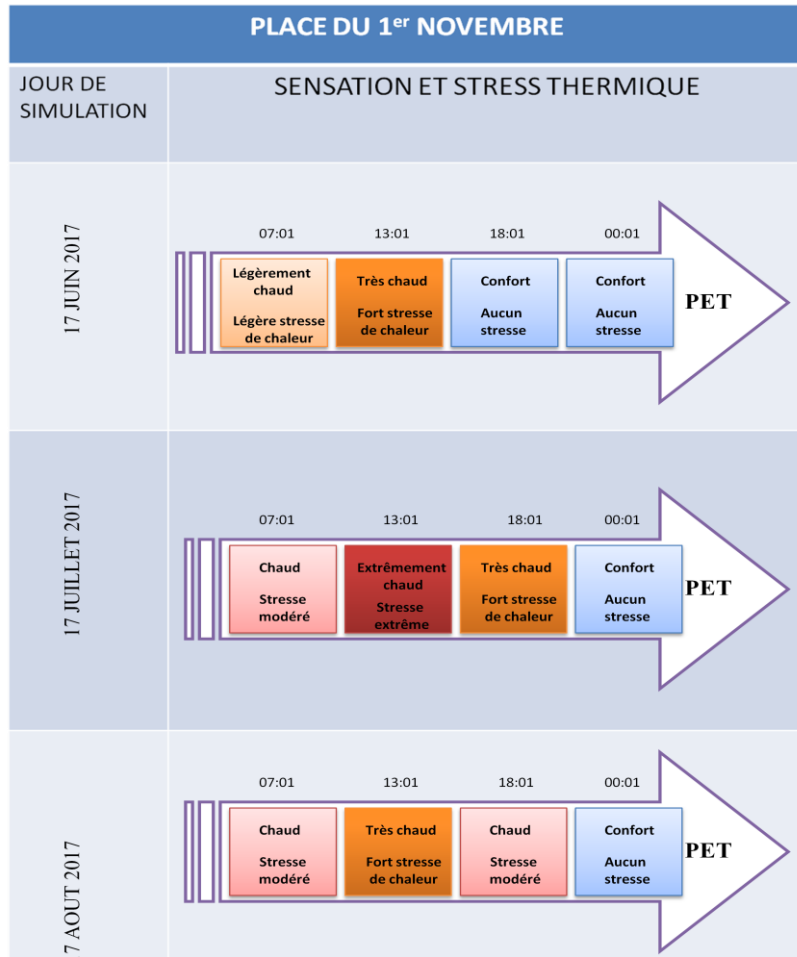


Figure 58. Les différents niveaux de sensation et stress thermique (Place du 1er Novembre).

D'après la lecture des résultats, les valeurs de PET sont très élevées et arrivent à +40c°. A l'heure du pic (13:00h), l'après midi nous avons marqué une valeur de PET de 43.3c° du jour de 17 Juillet 2017, où le stress de chaleur est à son extrême. Même constat pour la journée du 17 Aout 2017, la PET atteint la valeur de 40.2c°. Ce qui mène à une perception de forte chaleur et un fort stress thermique. La journée de 17 Juin 2017 enregistre des valeurs plus faibles par rapport aux deux autres journées des mois de la période estivale, mais ces valeurs restent hautes marquées par une perception thermique de forte chaleur et un fort stress thermique avec une valeur de PET de 35.5c°. Notons que les heures de confort sont toujours la nuit (00 :01h) pour toutes les journées de la simulation.

Pour les autres heures de la journée (le matin et le soir), la perception thermique indique une forte chaleur pour toutes les journées de la simulation, avec un stress de chaleur léger et parfois modéré.

2^{ème} Cas Place de la cité "Les Bananiers" :

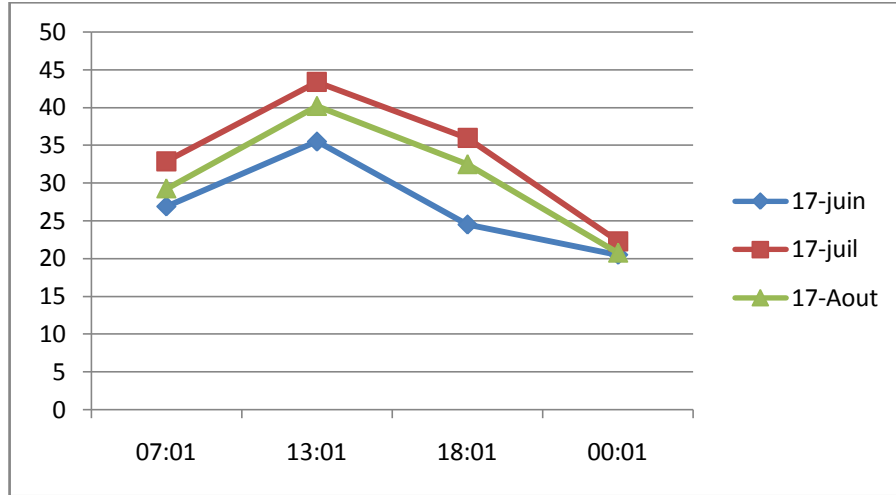


Figure 59. Variation de la PET pour les jours de simulation ; place la cité "Les Bananiers".

Source. Auteur.

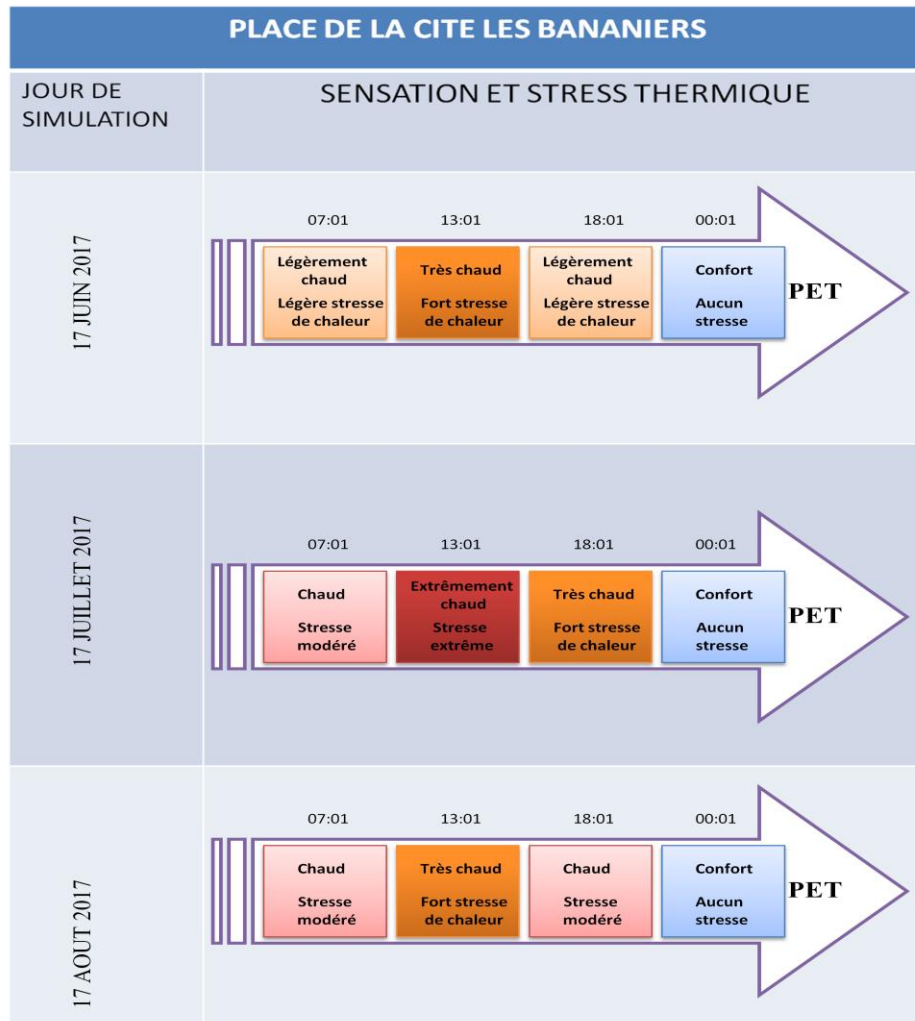


Figure 60. Les différents niveaux de sensation et stress thermique (Place de la cité Les Bananiers).

D'après les résultats, nous remarquons une petite différence entre les valeurs de PET par rapport aux autres places, où les valeurs obtenues pour la place de la cité "Les bananiers" sont plus élevées par rapport les autres places. Cette différence est renvoyée aux spécificités géométriques de la place elle-même à savoir son rapport H/L et son FVC.

À l'après midi (13 :01h) l'heure du pic, nous avons marqué une valeur de 43c° de PET au 17 Juillet 2017. La perception thermique et le stress de chaleur sont extrêmes. Les valeurs restent presque les mêmes pour la journée du 17 Aout 2017, avec un stress thermique notoire. La journée de 17 Juin 2017 avait des valeurs moins faibles que les deux autres journées, où la PET atteint 35.5c° et la Tmrt 50.9c°. Ce qui veut dire une perception thermique de forte chaleur.

3^{ème} Cas Place de la cité "Les Palmiers" :

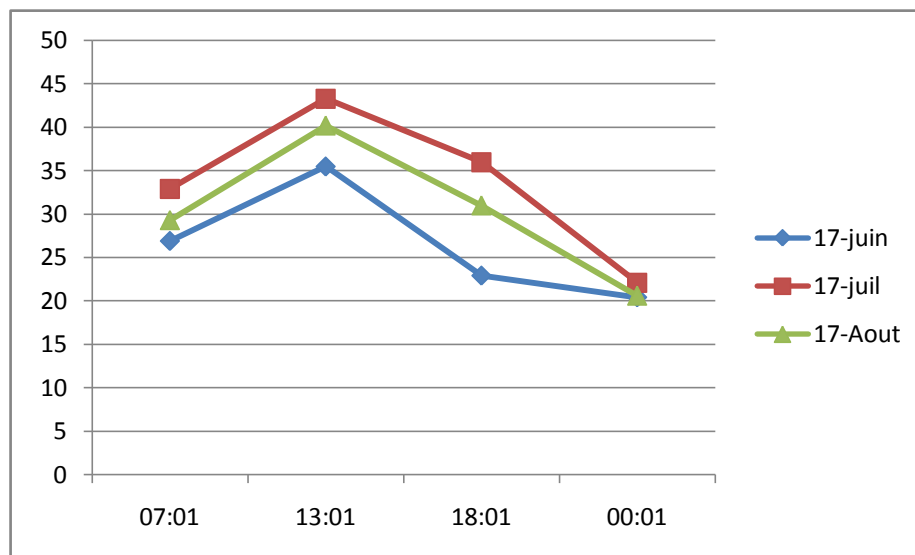


Figure 61. Variation de la PET pour les jours de simulation ; place la cité "Les Palmiers".

Source. Auteur.

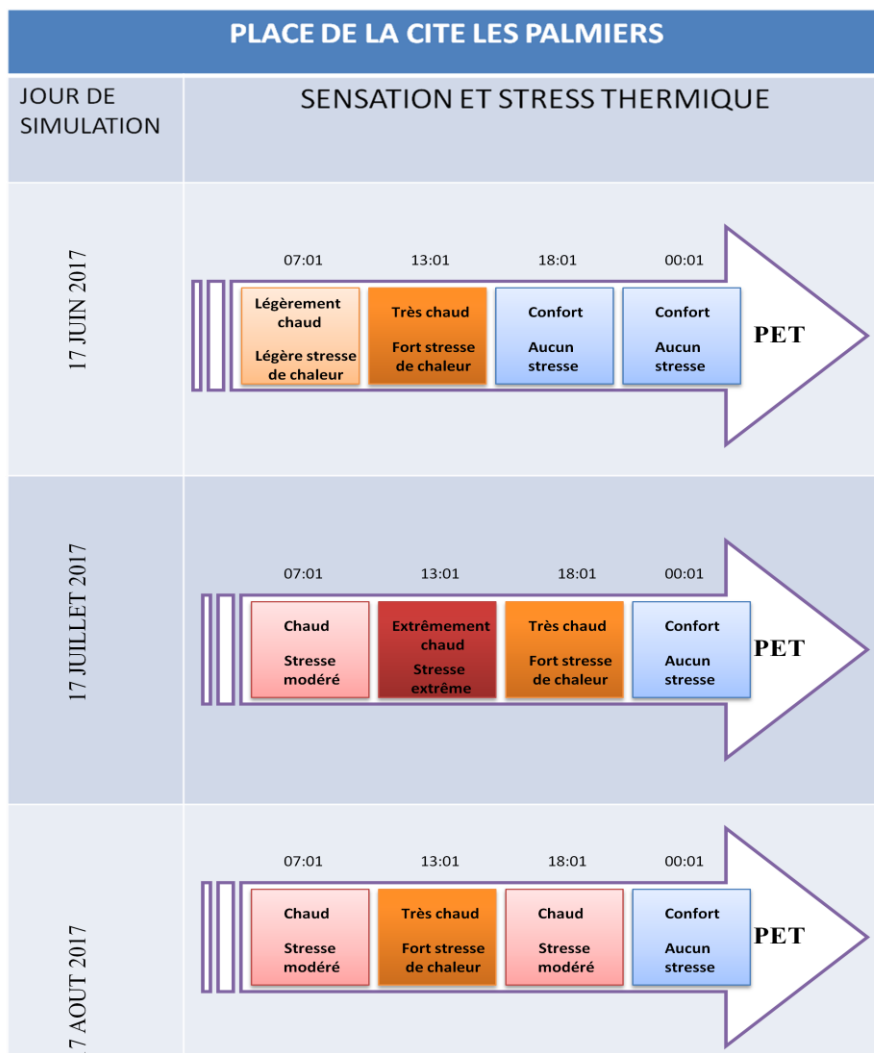


Figure 62. Les différents niveaux de sensation et de stress thermique, Place de la cite Les Palmiers.

Source. Auteur.

Les résultats obtenus pour la place de la cité "Les Palmiers" sont comparables avec ceux de la place du 1er Novembre.

Comparaisons

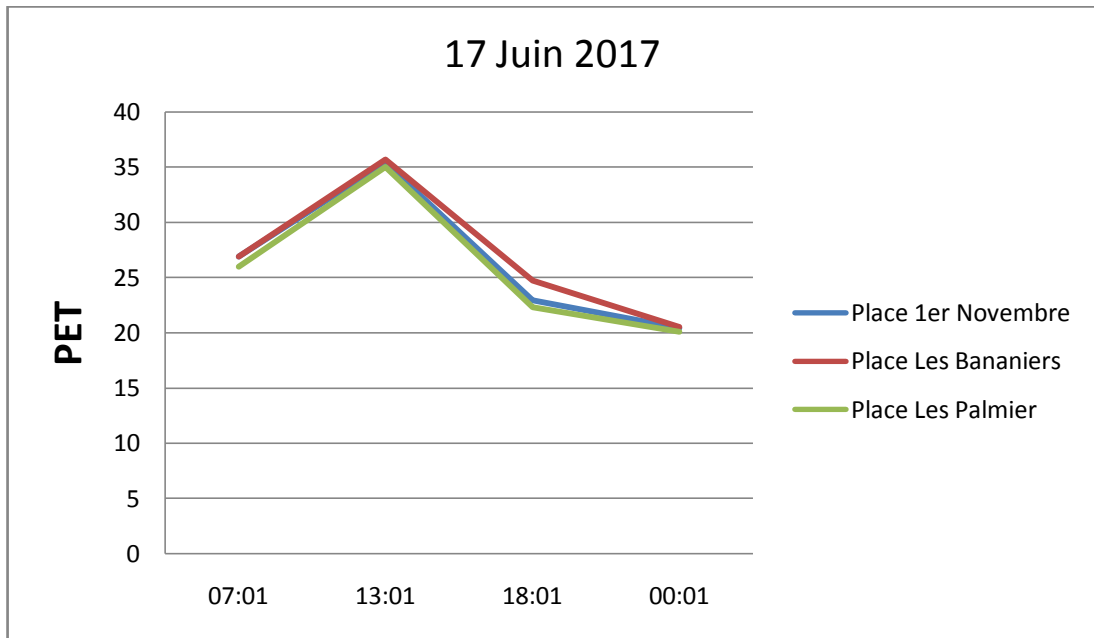


Figure 63. Comparaison de la PET des trois places étudiées (17 Juin 2017).

Source. Auteur.

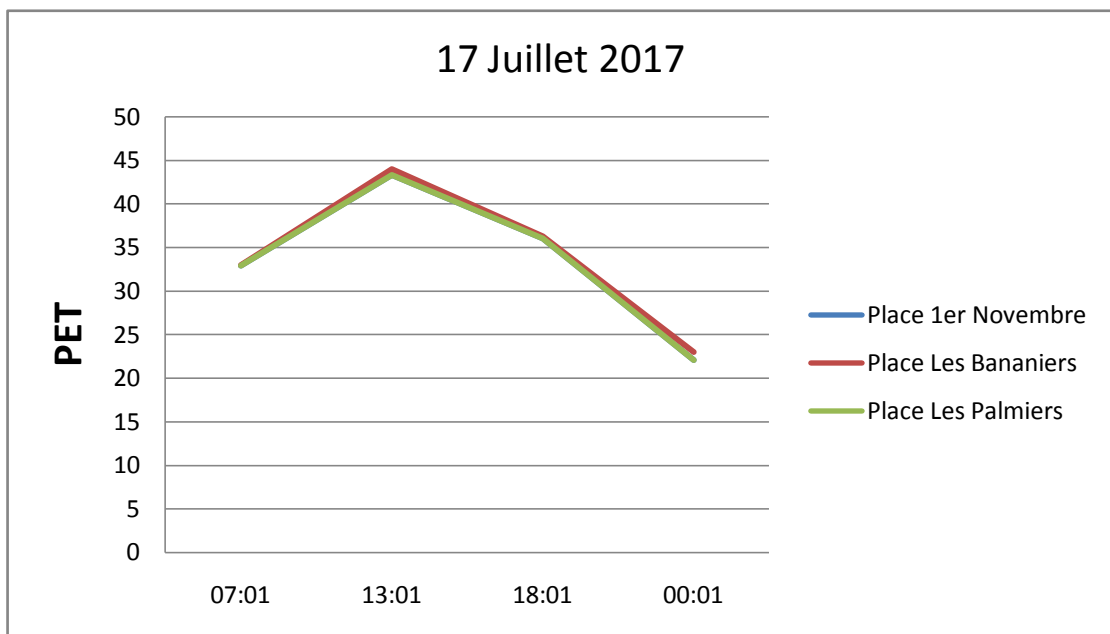


Figure 64. Comparaison de la PET des trois places étudiées (17 Juillet 2017).

Source. Auteur.

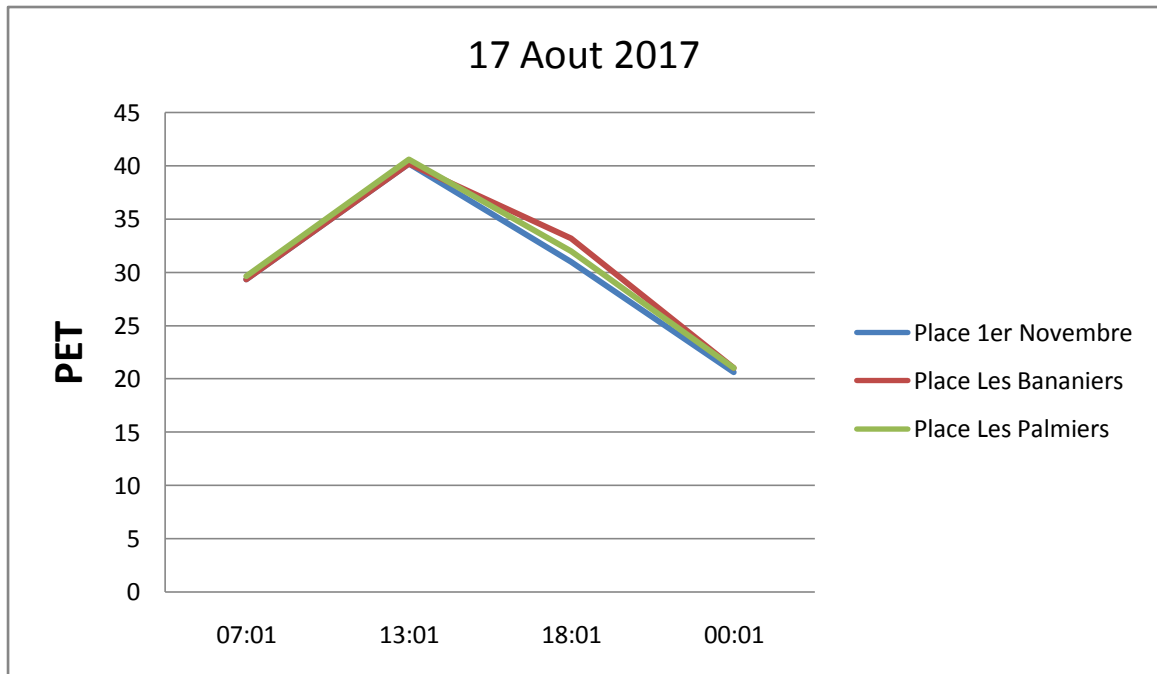


Figure 65. Comparaison de la PET des trois places étudiées (17 Aout 2017).

Source. Auteur.

D'après les résultats obtenus, il est clair que le FVC varie entre les trois cas d'étude avec une différence de 0.1 entre eux. Cette valeur qualifie la section de l'espace qui s'ouvre vers le ciel et qui détermine les échanges de chaleur par rayonnement entre l'espace et le ciel. La place du 1er Novembre est marquée par un FVC le plus élevé de 0.642, suivi par la place de la cité Les Bananiers avec 0.574, et enfin la place de la cité Les Palmiers avec 0.496.

Les résultats de la PET obtenus par la simulation de la place de la cité Les Palmiers, sont comparables à ceux obtenus pour la place du 1er Novembre.

La place de la cité Les Bananiers enregistre une valeur de PET plus élevée (Le 17 Juin 2017 à 18:01) par rapport aux deux autres places étudiées, ce qui mène à une perception de chaleur chez les usagers.

En ce qui concerne les périodes de confort, la nuit (00 :01h) est toujours marquée par des basses valeurs de PET 20c°, où il n'y a aucun stress thermique. Ces valeurs sont pour toutes les journées de la simulation.

3.9 Interprétation et discussion des résultats

Notre objectif est d'évaluer l'influence des éléments qui constituent la place sur le microclimat dans la ville de Blida, et puis l'évaluation du niveau de confort thermique des piétons dans les places publiques. Trois places publiques ont été choisies (Place du 1er Novembre, place de la cité Les Bananiers et place de la cité Les Palmiers), avec trois différentes configurations urbaines.

Il est clair que la modification des indicateurs morfo-climatiques influence le confort thermique des usagers au sein de ces places. Cette modification est renvoyée aux spécificités géométriques de la place elle-même. D'après l'analyse des valeurs de PET résultantes de la simulation numérique par RayMan, nous avons constaté ce qui suit :

L'Albédo moyen des matériaux utilisés sur les façades et sur le sol des places est faible de 0.3, pour les places du 1er Novembre et de la cité "Les Bananiers". Alors que la place de la cité "Les Palmiers" a un albédo moyen relativement élevé de 0.5 avec des façades colorées en peinture claire. Ces matériaux ont des propriétés thermiques modifiant la quantité d'énergie réfléchie ou absorbée par la surface. Malgré cette différence de l'albédo, les valeurs de PET restent comparables pour toutes les places. Ces valeurs sont renvoyées aux spécificités géométriques de la place elle-même comme le rapport H/L et l'orientation géographique.

Le rapport H/L pour les trois projets est plus ou moins faible. La moyenne pour la place du 1er Novembre est 0.16, 0.25 pour la place de la cité Les Bananiers et 0.23 pour la place de la cité Les Palmiers. Avec un $H/L \leq 0.25$, nos cas d'études sont donc de formes *dégagées* (voir figure15). Ce sont des espaces dans lesquelles le ciel occupe une proportion importante de la visibilité angulaire de l'espace. Et les usagers se trouvent donc exposés au rayonnement très important du soleil et du ciel. Ce qui explique beaucoup plus la valeur optimale de $0.4 \leq H/L \leq 0.6$ qui représente un compromis acceptable qui satisfait les critères pour un confort thermique (Kedissa, 2010).

La végétation est un indicateur qui affecte directement les éléments du climat (température, humidité, vitesse du vent). Pour nos cas d'études, nous avons remarqué la présence de deux types d'arbres (caducs et persistants), mais la couverture végétale reste de densité faible, ce qui influence la perception thermique des piétons pour lesquels nous avons enregistré des valeurs très élevées de PET pendant la journée. Ainsi que leur effet bénéfique en matière d'ombre en été, ce qui améliore le confort thermique au sein des places.

Le FVC, cet indicateur est sans dimension, qualifiant l'angle solide sous laquelle le site est vu depuis le centre de la place. Il est avéré qu'il y a une relation contradictoire entre le FVC et l'effet d'îlot de chaleur urbain sujet de notre recherche. La lecture des résultats obtenus indique des valeurs relativement faibles pour les trois places : FVC de la place du 1^{er} Novembre est 0.642, FVC de la place de la cité les Bananier est 0.574 et de la FVC place de la cité Les Palmiers est 0.496. Ce qui engendre une augmentation de l'intensité de l'effet de chaleur urbain au sein des places.

Les places du 1er Novembre et la cité "Les Palmiers" ont la même orientation Nord-ouest/Sud-est, alors que la place de la cité "Les Bananiers" est orientée Nord/Sud. Cette différence influe les valeurs de PET où nous avons remarqué une augmentation de 3° au sein de la place de la cité "Les Bananiers" à 18 :00h le 17 Juillet 2017.

D'après ce qui précède, nous pouvons dire qu'il n'y a pas de confort thermique pour les usagers des trois places (Place du 1er Novembre, place de la cité Les Bananiers et place de la cité Les Palmiers), dans la ville de Blida pendant la période estivale. Sauf durant la nuit de 00:00h à

06:00. Dans la partie suivante, et au vu de ce que nous avons retenu, nous avons proposé quelques interventions possibles afin d'améliorer le niveau du confort thermique.

3.10 Amélioration du micro climat urbain de la place du 1er Novembre

Les conditions microclimatiques sont des facteurs majeurs pour le bien être des usagers de la place publique. Plusieurs études s'y focalisent afin d'évaluer leur impact sur le confort des usagers et pour l'amélioration du climat urbain. Dans ce but, nous avons choisi la place du 1er Novembre comme le cas idéal pour notre intervention par l'application de certains scénarios d'amélioration des conditions microclimatiques. Un lieu de rencontre et de détente, fameux dans la ville de Blida, avec son importance culturelle, sociale, historique et urbanistique. Dans cette perspective, les améliorations qu'on pourrait apporter sur notre cas d'étude choisi sont celles retenues des résultats de l'étude précédente des trois places.

3.10.1 Scénarios d'intervention

Dans cette partie du travail nous avons choisi de rajouter dans la place un certain nombre d'arbres de type Platane, parmi les plus résistants arbres urbains. A leur maturité, ces arbres ont les caractéristiques suivantes : hauteur maximale 30m, diamètre de la couronne 6m. C'est pourquoi Cette espèce à feuilles caduques présente une bonne protection solaire en été. Pour la simulation nous avons envisagé une disposition des arbres harmonieuse avec la disposition des arbres existants sur le site.

Nous choisissons le 17 Juillet 2017, la journée la plus chaude, pour effectuer les scénarios lesquels portent sur trois dispositions des arbres sur le site, qui sont :

- 1^{er} Scénario : Disposition des arbres autour de la place, par l'implantation d'un Platane entre chaque deux palmier (voir figure 67).
- 2^{ème} Scénario : Disposition des arbres autour de la place, et au milieu formant quatre airs de repos (voir figure 68).
- 2^{ème} Scénario : Disposition des arbres autour de la place, et au milieu formant huit airs de repos (voir figure 69).

Nous présentons ci-après les plans des différents scénarios sur la place que nous avons élaborés.

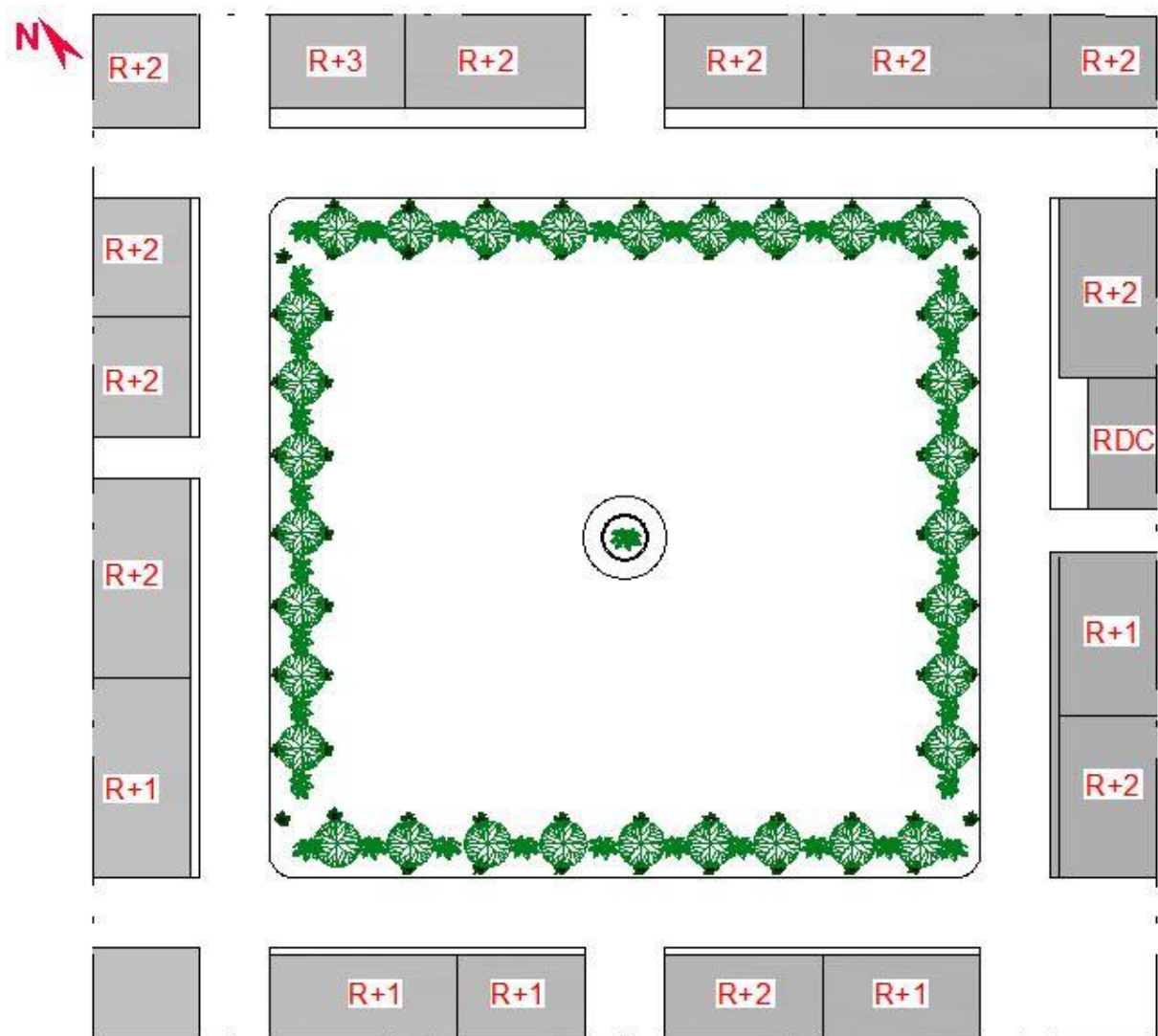


Figure 66. Disposition des arbres selon le 1^{er} Scénario d'intervention sur le site de la place du 1^{er} Novembre, dessiné sur Autodesk Auto-cad.

Source. Auteur.

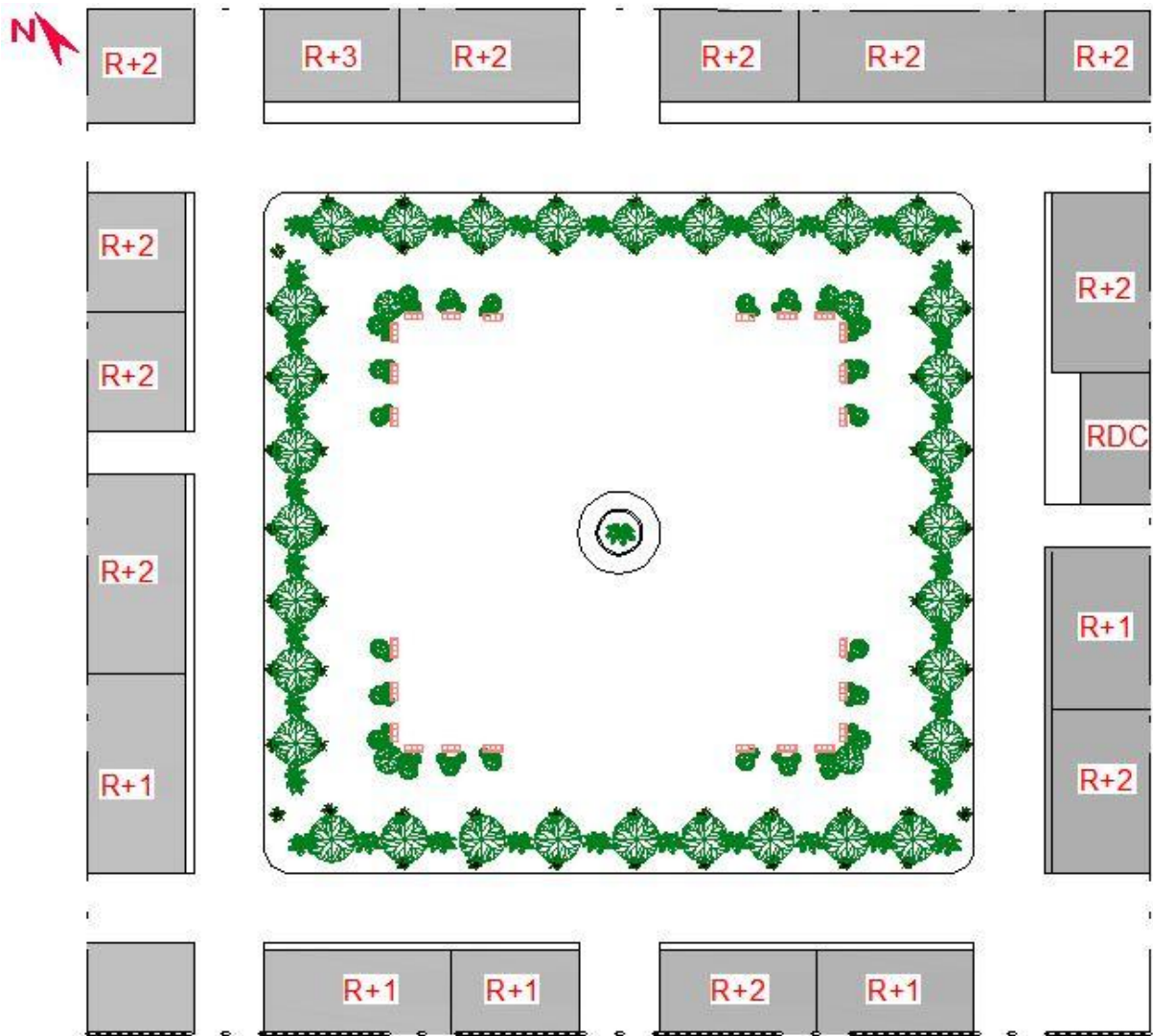


Figure 67. Disposition des arbres selon le 2^{er} Scénario d'intervention sur le site de la place du 1^{er} Novembre, dessiné sur Autodesk Auto-cad.

Source. Auteur.

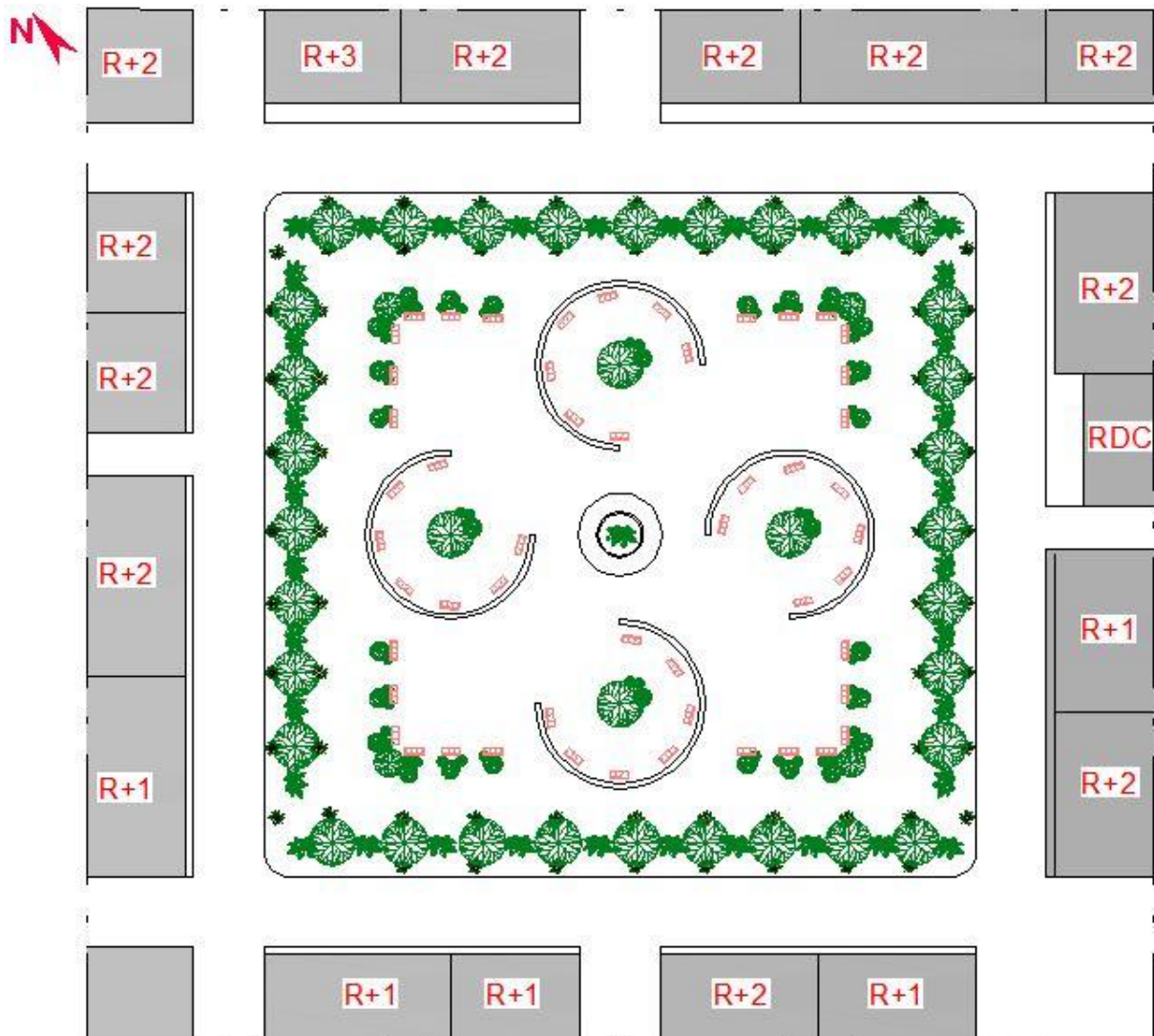


Figure 68. Disposition des arbres selon le 3^{er} Scénario d'intervention sur le site de la place du 1^{er} Novembre, dessiné sur Autodesk Auto-cad.

Source. Auteur.

Résultats :

Place du 1 ^{er} Novembre 17 Juillet 2017				
	Scénario Réel	1 ^{er} Scénario	2 ^{ème} Scénario	3 ^{ème} Scénario
Heurs	PET (c°)	PET (c°)	PET (c°)	PET (c°)
07:01	32.9	33.1	33.2	33.2
13:01	43.3	43.8	43.8	43.9
18:01	36	33.4	33.3	33.3
00:01	22.1	23	23.1	23.1

Tableau 24. Changement des PET selon les différents scénarios proposés.

Source. Auteur.

Place du 1 ^{er} Novembre (17 Juillet 2017)								
Heur	Scénario Réel		1 ^{er} Scénario		2 ^{ème} Scénario		3 ^{ème} Scénario	
	Perception thermique	Stress thermique	Perception thermique	Stress thermique	Perception thermique	Stress thermique	Perception thermique	Stress thermique
07:01	Chaud	Chaleur modéré	Chaud	Chaleur modéré	Chaud	Chaleur modéré	Chaud	Chaleur modéré
13:01	Extrêmement chaud	Chaleur extrême	Extrêmement chaud	Chaleur extrême	Extrêmement chaud	Chaleur extrême	Extrêmement chaud	Chaleur extrême
18:01	Très chaud	Fort stress de chaleur	Chaud	Chaleur modéré	Chaud	Chaleur modéré	Chaud	Chaleur modéré
00:01	Confortable	Aucun stress de chaleur	Confortable	Aucun stress de chaleur	Confortable	Aucun stress de chaleur	Confortable	Aucun stress de chaleur

Tableau 25. Changement de la perception et du stress thermique selon les différents scénarios proposés.

Source. Auteur.

Comparaison

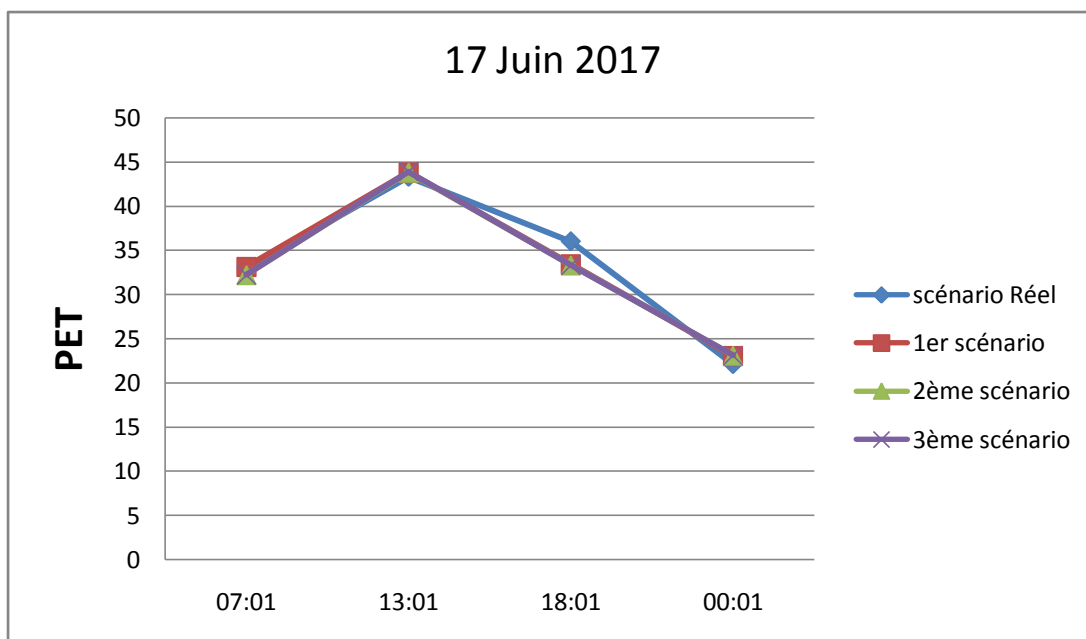


Figure 69. Comparaison de la PET des trois scénarios (17 Juillet 2017).

Source. Auteur.

La lecture du graphe indique une superposition de toutes les valeurs de PET pour les trois scénarios proposés, ainsi que le scénario réel, sauf à 18 :01h où la PET diminue de 3c° après l'introduction de l'élément végétal.

3.10.2 Interprétation et discussion des résultats

D'après les résultats obtenus du scénario de renforcement de la végétation où nous avons implanté 32 arbres de type Platane autour de la place, nous remarquons que la PET a diminué d'environ 3c° de 36c° à 33.4c° pendant le soir à 18:00h. Ce qui change la perception thermique qui passe de très chaud à chaud, et le niveau du stress de fort stress thermique à un stress de chaleur modéré.

L'introduction des arbres suivant le deux autres scénarios a fait un petit changement qui n'a aucune influence sur le confort thermique où nous avons remarqué que les valeurs de PET restent constantes. Ce résultat peut s'expliquer par les caractéristiques géométriques de la place elle-même. La place du 1er Novembre a en effet une forme dégagée avec des bâtiments de faible hauteur où le rapport H/L est ≤ 0.25 . Elle est exposée au rayonnement particulièrement important du soleil en cette période de l'année.

3.10.3 Recommandations

La lecture des résultats obtenus, nous incite à proposer quelques recommandations afin d'accorder la configuration de la place du 1er Novembre avec le contexte climatique de la ville de Blida et par conséquent l'amélioration de l'ambiance thermique des usagers, nous proposons :

Changement des matériaux utilisés sur les façades et sol à faible albédo par d'autres à haut albédo, textures et couleurs.

Création d'un masque végétal par l'implantation des arbres aux caractéristiques précises à savoir :

A feuilles caduques, pour la protection solaire en été, et qui ne font pas obstacle contre la pénétration des rayons solaires en hiver.

Ayant une grande résistance contre les insectes et parasites.

Plus adaptables au climat de Blida (vent, manque d'eau...)

Ayant des racines d'une taille cohérente avec le sol urbanisé.

3.11 Conclusion

Notre travail se base sur l'évaluation du niveau de confort thermique des piétons dans trois places de la ville de Blida : place du 1er Novembre, place de la cité "Les Bananier" et place de la cité "Les Palmiers". Chaque place est caractérisée par une configuration géométrique spécifique, concernant la forme, la superficie, la végétation, les hauteurs ainsi que les revêtements du sol et des façades de bâtiments la bordant.

Notre démarche s'est basée sur l'évaluation de certains paramètres choisis pour chacune de ces places. La comparaison des résultats, nous a permis de constater que le niveau du confort thermique dans les trois places est faible.

Nous avons proposé quelques scénarios d'intervention afin d'améliorer le confort thermique dans la place du 1er Novembre dite "Placet Ettout", par l'amélioration de certains paramètres choisis suivant les résultats obtenus dans l'étude de l'état de l'art.

L'appréciation du confort thermique quand à elle se fait à travers des indicateurs comme la PET retenu pour notre étude à cause de son adaptabilité à toute sorte de climat. Le schéma ci-après reprend les éléments clefs relatifs à notre travail.

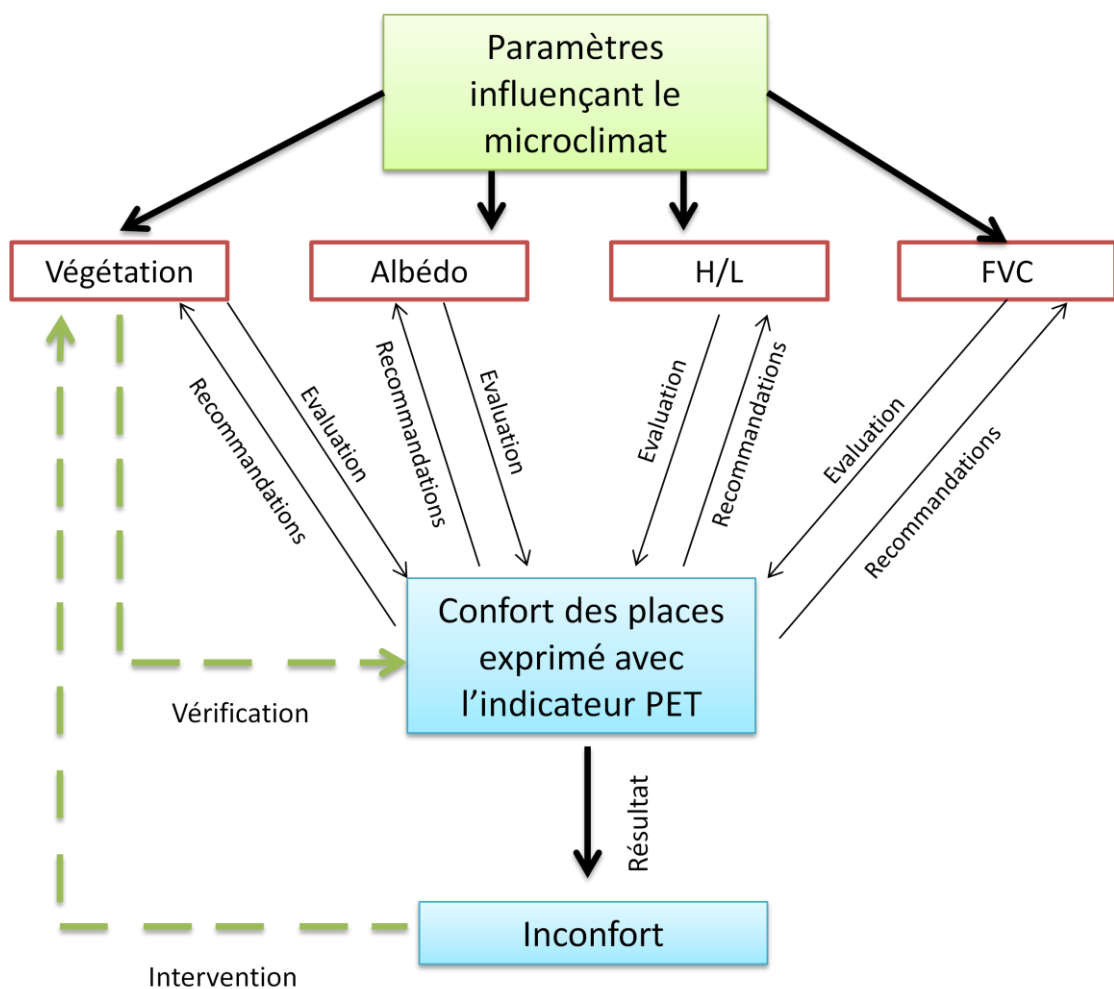


Figure 70. Démarche suivie pour l'évaluation du confort thermique dans les places choisies.

Source. Auteur.

Conclusion générale

Dans ce travail de recherche, nous nous sommes intéressés à la question de l'impact de la morphologie urbaine sur le confort thermique dans les espaces extérieurs, plus précisément dans les places. Les conditions microclimatiques sont des facteurs primordiaux influençant le bien être des personnes au sein des places. C'est pourquoi, cette question est le sujet de plusieurs études menées à travers le monde afin d'évaluer leur impact sur le confort thermique des usagers dans le but demeure l'amélioration des ambiances climatiques urbaines. La bonne connaissance des paramètres morpho-climatiques ainsi que les indicateurs les déterminant, mène à mettre sur pied une stratégie d'amélioration du confort thermique.

La morphologie urbaine, les matériaux de revêtement conjugués à une faible couverture végétale s'avèrent les principales causes de modifications du microclimat dans le milieu urbain qui s'y traduit par une augmentation de chaleur communément appelé effet de l'îlot de chaleur urbain. Dans cet optique, notre travail s'est fixé comme objectif de mettre la lumière sur ce phénomène, et d'étudier précisément les rapports entre les paramètres influençant le microclimat, et le confort thermique dans le contexte local avec ses spécificités géographique, climatique et urbaine.

Nous avons opté pour la ville de Blida comme un cas intéressant pour notre étude. Une ville connue par sa densité urbaine ainsi que ses caractéristiques climatiques répondant à nos objectifs. Trois places publiques ont été choisies à savoir place du 1er Novembre, place de la cité "Les Bananiers" et place de la cité "Les Palmiers", avec trois différentes configurations urbaines. Les simulations numériques ont été faites avec le logiciel RayMan Pro. Un logiciel qui permet de réaliser les modèles en 3D puis calculer certains indicateurs du confort thermique comme la PET.

D'après les résultats, nous avons constaté qu'il n'y a pas de confort thermique dans les trois places choisies de la ville de Blida pendant la période estivale, sauf durant la nuit. Ce qui confirme notre première hypothèse sur l'existence réel de l'îlot de chaleur urbain dans les espaces publics de la ville de Blida. Nous avons choisi la place du 1er Novembre comme le cas idéal pour l'application de certains scénarios d'amélioration des conditions microclimatiques. Les améliorations qu'on pourrait apporter sur notre cas d'étude sont retenues des résultats de l'étude des trois places. Nous avons donc opté pour le renforcement de la végétation par l'implantation d'un certain nombre d'arbres de type Platane. Nous avons remarqué que la PET a diminué d'environ 3 °C pendant le soir, ce qui a apporté une amélioration dans la perception thermique au niveau de la place, et par conséquent l'amélioration relative du confort thermique. Ce faisant la deuxième hypothèse portant sur le renforcement de l'élément végétal a été validée.

Bibliographie

- Achour-Bouakkaz, N. (2006). *La relation entre l'îlot de chaleur urbain, phénomène du changement climatique et la densité du plan bat i: cas de la ville d'Alger*.
- Ahmed Ouameur, F. (2007). *Morphologie urbaine et confort thermique dans les espaces publics: Etude comparative entre trois tissus urbains de la ville de Québec*. Québec: Université Laval: Québec.
- Akbari, J. (1992). *Cooling Our Communities : A Guidebook on Tree Planting and LightColored Surfacing*. Washington: USA.
- alec-plaineco.org. (2010, Aout 21). *alec-plaineco.org*. Consulté le 09 21, 2017, sur www.alec-plaineco.org: <http://www.alec-plaineco.org>
- anthony.ung.free. (2011, Juin 01). *anthony.ung.free*. Consulté le Mars 01, 2017, sur [anthony.ung.free](http://anthony.ung.free.fr): <http://anthony.ung.free.fr>
- ar.weather-forecast.ru. (2009, Aout 17). *ar.weather-forecast.ru*. Consulté le 08 17, 2017, sur [ar.weather-forecast.ru](http://www.ar.weather-forecast.ru): <http://www.ar.weather-forecast.ru>
- Athamena, K. (2012). *Modélisation et simulation des microclimats urbains : étude de l'impact de la morphologie urbaine sur le confort dans les espaces extérieurs : Cas des éco-quartiers*. Nantes. France: Ecole Centrale de Nantes. France.
- Bozonnet.E. (2005). *Impact des microclimats urbains sur la demande énergétique des bâtiments-cas des rues canyons*. France: Université de Rochelle.
- Cermak.J. (1995). *Wind climate in cities*. USA.
- Doumenc.L. (1997). *L'espace public dans la ville méditerranéenne*. France: France.
- earth, G. (2017, Janvier 17). *Google earth*. Consulté le 07 17, 2017, sur [Google earth](http://www.Google earth.com): <http://www.Google earth.com>
- Encarta, M. (2009, 01 01). *Encarta, Microsoft*. France, France, Paris.
- encyclopedie-afn.org. (2010, mars 25). *encyclopedie-afn.org*. Consulté le 09 27, 2017, sur encyclopedie-afn.org: <http://encyclopedie-afn.org>
- environnement.brussels. (2011, Mars 04). *www.environnement.brussels*. Consulté le Mars 04, 2017, sur www.environnement.brussels: <http://www.environnement.brussels>
- Givoni, B. (1978). *L'homme l'architecture et le climat*. Haifa: Haifa.
- help.solidworks. (2011, Mars 03). *help.solidworks*. Consulté le Mars 03, 2017, sur [help.solidworks](http://help.solidworks.com): <http://help.solidworks.com>
- Hoppe.P. (1999). *Diffrent aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort*.

- Johnston J, N. J. (2004). *Building green, a guide to using plants on roofs, walls and pavement*.
- Journal Officiel, A. (2009, Janvier 01). *journal officiel*. Consulté le Mars 28, 2017, sur journal officiel: joradp.dz
- Kedissa, C. (2010). *Impact de la géométrie des espaces extérieurs sur le microclimat urbain*. Constantine: Université de Constantine.
- Kedissa, C. (2010). *Impact de la géométrie des espaces extérieurs sur le microclimat urbain*. Constantine: Université de Constantine.
- larousse.fr. (2006, Mai 05). <http://www.larousse.fr/encyclopedie>. Consulté le 10 28, 2017, sur <http://www.larousse.fr/encyclopedie>: <http://www.larousse.fr/encyclopedie>
- learn.londonmet.ac.uk. (2009, Lanvier 01). www.learn.londonmet.ac.uk. Consulté le 10 29, 2017, sur www.learn.londonmet.ac.uk: <https://www.learn.londonmet.ac.uk>
- Matzarakis.B. (2006). *Modelling the thermal bioclimat in urban areas with the RayMan model*. Genève-Suisse.
- mdf-xlpages. (2006, Mars 03). www.mdf-xlpages.com. Consulté le 09 21, 2017, sur www.mdf-xlpages.com: <http://www.mdf-xlpages.com>
- meteo45. (2017, Mars 02). *meteo45*. Consulté le Mars 02, 2017, sur [meteo45](http://www.meteo45.com): <http://www.meteo45.com>
- meteoblue.com. (2006, 1 10). *meteoblue.com*. Consulté le 10 28, 2017, sur www.meteoblue.com: <https://www.meteoblue.com>
- Nomana. (2014). *Solaire*. Récupéré sur <http://nomana.free.fr/public/solaire.html#retour>
- notre-planete. (2012, Mars 04). *notre-planete*. Consulté le Mars 04, 2017, sur [notre-planete](http://www.notre-planete.info): <https://www.notre-planete.info>
- Oke. (1973). *City size and the urban heat island. Atmospheric environment*.
- public.iutenligne. (2009, Mars 05). *public.iutenligne*. Consulté le Mars 05, 2017, sur [public.iutenligne](http://public.iutenligne.net): <http://public.iutenligne.net>
- randonner-leger.org. (2012, Avril 08). *randonner-leger.org*. Consulté le 09 21, 2017, sur www.randonner-leger.org: <http://www.randonner-leger.org>
- Rotach.M. (2000). Review of atmospheric turbulence over cities.
- Santamouris, M. (2006). *Energy and climat in the urban built environment*. USA: USA.
- Taha.H. (1997). Modeling the impacts of large-scale albedo changes on ozone air quality in the South Coast Air Basin.
- Tareb. (2005). *Architecture Basse Energie*.

- Tebbani, H., & Bouchahm, Y. (2016, juin 06). Caractérisation du confort thermique dans les espaces extérieurs : Cas de la ville d'Annaba. *Nature & Technology* , p. 14 à 25.
- TEBBANI, H., & BOUCHAHM, Y. (2016). Caractérisation du confort thermique dans les espaces extérieurs : Cas de la ville d'Annaba. *Nature & Technology* (15), 14 -25.
- teejet.it. (2012, 09 21). *teejet.it*. Consulté le 09 21, 2017, sur teejet.it: <http://teejet.it>
- tpeaurorespolaire2009.e-monsite.com. (2009, 04 21). <http://tpeaurorespolaire2009.e-monsite.com>. Consulté le 09 21, 2017, sur <http://tpeaurorespolaire2009.e-monsite.com>:
<http://tpeaurorespolaire2009.e-monsite.com>
- Tsoka, S. (2011). *Relations entre morphologie urbaine, microclimat et confort des piétons : application au cas des écoquartiers*. Nantes: Université de Nantes.
- Unger, J. (2004). *Intra-Urban relationship between surface geometry and urban heat island:Review and new approach. Climate research*.
- Vinet, J. (2000). *Contribution à la modélisation thermo-aéraulique dumicroclimat urbain*. Nantes: Ecole d'architecture de Nantes.

Liste des figures

Figure 1. Répartition verticale des différentes couches de circulation d'air au-dessus d'un milieu urbain (Athamena, 2012).....	5
Figure 2. Schéma synthèse de la méthodologie.	7
Figure 3. Les différentes couches de l'atmosphère terrestre.	9
Figure 4. La couche limite urbaine à : (a) Méso échelle, (b) Echelle local, (c) Micro échelle.	11
Figure 5. Schéma explicatif des couches constituant l'atmosphère urbain selon les différentes échelles de la climatologie.....	11
Figure 6. Le Flux conductif.....	12
Figure 7. Le Flux convectif.	13
Figure 8. Le Flux radiatif.	13
Figure 9. Les différents types de rayonnement solaire	14
Figure 10. L'effet d'îlot de chaleur urbain,	15
Figure 11. Profils de vitesses du vent pour trois différents types de surfaces.....	18
Figure 12. Rapport H/L (Athamena, 2012).	19
Figure 13. Effet du rapport H/L sur les températures de l'air,.....	20
Figure 14. Différentes classes de typologie urbaine : Canyon, Dièdre, Dégagée.	20
Figure 15. Angle solide de vue.....	21
Figure 16. L'albédo de l'environnement urbain.	22
Figure 17. Relevés de l'humidité relative, température et vitesse du vent, valeurs mesurées pour une zone urbaine.....	27
Figure 18. Synthèse de l'état de l'art.....	32
Figure 19. Limites de la wilaya de Blida.	33
Figure 20. Limites de la ville de Blida.....	34
Figure 21. Température et précipitation de la ville de Blida pour une période de 15ans.	34
Figure 22. Situation des places par rapport à la ville de Blida.	35
Figure 23. Vue satellitaire sur la place du 1er Novembre.....	36
Figure 24. Plan d'aménagement de la place du 1er Novembre dessiné sur Autodesk-Autocad.	37
Figure 25. Façade Nord-est (place du 1er Novembre) dessiné sur Autodesk-Autocad.	38
Figure 26. Façade Sud-est (place du 1er Novembre) dessiné sur Autodesk-Autocad.	38
Figure 27. Façade Sud-ouest (place du 1er Novembre) dessiné sur Autodesk-Autocad.	38
Figure 28. Façade Nord-ouest (place du 1er Novembre) dessiné sur Autodesk-Autocad.	38
Figure 29. Vu satellite sur la place de la cité Les Bananiers.....	39
Figure 30. Plan d'aménagement de la place de la cité les Bananiers dessiné sur Autodesk-Autocad.	40

Figure 31. Façade Nord (place de la cité les Bananiers) dessinée sur Autodesk-Autocad.	41
Figure 32. Façade Est (place de la cité les Bananiers) dessinée sur Autodesk-Autocad.	41
Figure 33. Façade Sud (place de la cité les Bananiers) dessinée sur Autodesk-Autocad.	41
Figure 34. Façade Ouest (place de la cité les Bananiers) dessinée sur Autodesk-Autocad.....	42
Figure 35. Vu satellite sur la place de la cité Les Palmiers.	42
Figure 36. Plan d'aménagement de la place de la cité les Palmiers dessiné sur Autodesk-Autocad. ...	43
Figure 37. Façade Nord-est (place de la cité les Palmiers) dessinée sur Autodesk-Autocad.	44
Figure 38. Façade Sud-est (place de la cité les Palmiers) dessinée sur Autodesk-Autocad.	44
Figure 39. Façade Sud-ouest (place de la cité les Palmiers) dessinée sur Autodesk-Autocad.	44
Figure 40. Fenêtre du démarrage du RayMan Pro.	45
Figure 41. Fenêtre de contrôle.	45
Figure 42. Schéma explicatif le principe (Entrées/ Sorties) de la simulation par Ray-man pro.	46
Figure 43. Fenêtre du dessin des obstacles.....	46
Figure 44. Fenêtre d'entrée des caractéristiques d'arbre.	47
Figure 45. Fenêtre d'entrée des caractéristiques du bâtiment.	47
Figure 46. Comparaison d'albédo moyen des trois places sur Microsoft Office Excel.....	53
Figure 47. Choix des coupes sur le plan de la place du 1er Novembre, sur Autodesk-Autocad.	54
Figure 48. Coupe A-A sur la place du 1er Novembre, dessiné sur Autodesk-Autocad.....	54
Figure 49. Choix des coupes sur le plan de la place de la cité Les Bananiers, dessiné sur Autodesk- Autocad.	56
Figure 50. Coupe B-B sur la place de la cité Les Bananiers, dessiné sur Autodesk-Autocad.....	57
Figure 51. Choix des coupes sur le plan de la place de la cité Les Palmiers, dessiné sur Autodesk- Autocad.	58
Figure 52. Coupe A-A sur le plan de la place de la cité Les Palmiers, dessiné sur Autodesk-Autocad. .	58
Figure 53. Comparaison du rapport H/L des trois places sur Microsoft Office Excel.....	59
Figure 54. Résultats RayMan Pro, Diagramme polaire pour la valeur FVC pour la place du 1 ^{er} Novembre.....	60
Figure 55. Résultats RayMan Pro, Diagramme polaire pour la valeur FVC pour la place de la cité "Les Bananiers".	61
Figure 56. Résultats RayMan Pro, Diagramme polaire pour la valeur FVC pour la place de la cité "Les Palmiers".	61
Figure 57. Variation de PET pour les jours de simulation ; place 1 ^{er} Novembre.	62
Figure 58. Les différents niveaux de sensation et stress thermique (Place du 1er Novembre).....	63
Figure 59. Variation de la PET pour les jours de simulation ; place la cité "Les Bananiers".....	64
Figure 60. Les différents niveaux de sensation et stress thermique (Place de la cité Les Bananiers). ..	64
Figure 61. Variation de la PET pour les jours de simulation ; place la cité "Les Palmiers".	65

Figure 62. Les différents niveaux de sensation et de stress thermique, Place de la cite Les Palmiers.	66
Figure 63. Comparaison de la PET des trois places étudiées (17 Juin 2017).....	67
Figure 64. Comparaison de la PET des trois places étudiées (17 Juillet 2017).....	67
Figure 65. Comparaison de la PET des trois places étudiées (17 Aout 2017).	68
Figure 66. Disposition des arbres selon le 1 ^{er} Scénario d'intervention sur le site de la place du 1er Novembre, dessiné sur Autodesk Auto-cad.....	71
Figure 67. Disposition des arbres selon le 2 ^{er} Scénario d'intervention sur le site de la place du 1er Novembre, dessiné sur Autodesk Auto-cad.....	72
Figure 68. Disposition des arbres selon le 3 ^{er} Scénario d'intervention sur le site de la place du 1er Novembre, dessiné sur Autodesk Auto-cad.....	73
Figure 69. Comparaison de la PET des trois scénarios (17 Juillet 2017).	74
Figure 70. Démarche suivi pour l'évaluation du confort thermique dans les places choisis.	76

Liste des tableaux

Tableau 1. Ilot de chaleur mesurée dans certaines villes.	3
Tableau 2. Résultats générés par le modèle MAGICC pour la projection climatique en Algérie à l'horizon 2020.	4
Tableau 3. Intensité d'îlot de chaleur pour différentes villes	16
Tableau 4. Taux d'émission anthropique pour des villes mondiales.....	19
Tableau 5. Valeurs de l'albédo et l'émissivité de quelques matériaux de construction et de revêtements.	23
Tableau 6. Classification de la dépense énergétique selon la norme ISO 8996.	24
Tableau 7. Quelques valeurs de résistance de vêtements typiques.	25
Tableau 8. Classement de sensations thermiques indiquées par la PET.	29
Tableau 9. Les flux d'énergies influencés par certains paramètres climatiques.	30
Tableau 10. Types d'arbres existants sur la place du 1er Novembre.	36
Tableau 11. Types d'arbres existants sur la place de la cité les Bananiers.	39
Tableau 12. Types d'arbres existants sur la place de la cité les Palmiers.	43
Tableau 13. Données climatiques de la ville de Blida.	48
Tableau 14. Calcul de l'Albédo moyen des façades de la Place du 1 ^{er} Novembre.	49
Tableau 15. Calcul de l'Albédo moyen du sol de la Place du 1 ^{er} Novembre.....	50
Tableau 16. Calcul de l'Albédo moyen des façades de la Place de la cité Les Bananiers.	51
Tableau 17. Calcul de l'Albédo moyen du sol de la Place de la cité Les Bananiers.	51
Tableau 18. Calcul de l'Albédo moyen des façades de la Place de la cité Les Palmiers.	52
Tableau 19. Calcul de l'Albédo moyen du sol de la Place de la cité Les Palmiers.....	52
Tableau 20. Résultats de calcul du rapport H/L pour la place du 1er Novembre.	55
Tableau 21. Résultats de calcul du rapport H/L pour la place de la cité Les Bananiers.	57
Tableau 22. Résultats de calcul du rapport H/L pour la place de la cité les Palmiers.	58
Tableau 23. Paramètres liés à la personne choisie pour la simulation.	60
Tableau 24. Changement des PET selon les différents scénarios proposés.	73
Tableau 25. Changement de la perception et du stress thermique selon les différents scénarios proposés.	74

Annexe. Résultats de la simulation par RayMan

Résultats Ray-man pro (Place 1er Novembre dite place Ettout)											
RayMan Pro 2,1 c 2010							Place : Place 1er Novembre dite placet Ettout				FVC : 0,642
Géogr: Longitude: 2°50' E							Latitude: 36°28' N				Altitude (au niveau de la mer) : 256m
Personal data: Height:1,75m , Weight: 75kg , Age: 35an , Sex: m , Clothing: 0,9clo , Activity: 80,0 w											
Date	Jour de l'année n° 168	Temps		Ta C°	RH %	v m/s	FVC	Tmrt C°	PET C°	Perception thermique	Niveau de stresse thermique
		Le matin	Le soir								
17-juin-17		07h 01min		28	65	3	0,642	32,7	26,9	Légèrement chaud	Léger stresse de chaleur
		13h 01min		31	53	4		50,7	35,5	Très chaud	Fort stresse de chaleur
		18h 01min		25	75	4		33,3	22,9	Confortable	Aucun stresse thermique
		00h 01min		25	75	2		19,7	20,4	Confortable	Aucun stresse thermique

Résultats Ray-man pro (Place 1er Novembre dite placet Ettout)

RayMan Pro2,1 c 2010	Place : Place 1er Novembre dite placet Ettout		FVC : 0,642								
Géogr: Longitude: 2°50' E	Latitude: 36°28' N		Altitude (au niveau de la mer) : 256m								
Personal data: Height:1,75m , Weight: 75kg , Age: 35an , Sex: m , Clothing: 0,9clo , Activity: 80,0 w .											
Date	Jour de l'année	Temps		RH	Ta	v	FVC	Tmrt	PET	Perception thermique	Niveau de stresse thermique
		heure									
17-juil-17	n° 198	Le matin	07h 01min	20	33	2	0,642	35,2	32,9	Chaud	Stresse de chaleur moderé
		L'après midi	13h 01min	25	36	3		56,3	43,3	Extrêmement chaud	Stresse extrême de chaleur
		Le soir	18h 01min	48	32	2		44,9	36	Très chaud	Fort stresse de chaleur
		La nuit	00h 01min	29	27	2		20,9	22,1	Confortable	Aucun stresse thermique

Résultats Ray-man pro (Place 1er Novembre dite placet Ettout)

RayMan Pro 2,1 c 2010		Place : Place 1er Novembre dite placet Ettout		FVC : 0,642						
Géogr: Longitude: 2°50' E		Latitude: 36°28' N		Altitude (au niveau de la mer) : 256m						
Personal data: Height:1,75m , Weight: 75kg , Age: 35an , Sex: m , Clothing: 0,9clo , Activity: 80,0 w										
Date	Jour de l'année n° 229	Temps		RH	v	FVC	Tmrt	PET	Perception thermique	Niveau de stresse thermique
		heurt	C°							
17-aout-17		Le matin	07h 01min	30	86	2	30,3	29,3	Chaud	Stresse de chaleur modéré
		L'après midi	13h 01min	33	59	3	55,1	40,2	Très chaud	Fort stresse de chaleur
		Le soir	18h 01min	30	78	2	35,7	31	Chaud	Stresse de chaleur modéré
		La nuit	00h 01min	25	90	2	19,7	20,6	Confortable	Aucun stresse thermique

Résultats Ray-man pro (Place de la cité Les Bananiers)

RayMan Pro 2,1 c 2010									Place : Place de la cité Les Bananiers			FVC : 0,574
Géogr: Longitude: 2°50' E									Latitude: 36°28' N			Altitude (au niveau de la mer) : 256m
Personal data: Height:1,75m , Weight: 75kg , Age: 35an , Sex: m , Clothing: 0,9clo , Activity: 80,0 w												
Date	Jour de l'année	Temps		Ta	RH	v	FVC	Tmrt	PET	Perception thermique	Niveau de stresse thermique	
		heure										C°
17-juin-17	n° 168	Le matin	07h 01min	28	65	3	0,574	32,7	26,9	Légèrement chaud	Léger stresse de chaleur	
		L'après midi	13h 01min	31	53	4		50,9	35,5	Très chaud	Fort stresse de chaleur	
		Le soir	18h 01min	25	75	4		38,6	24,5	Légèrement chaud	Léger stresse de chaleur	
		La nuit	00h 01min	25	75	2		20,2	20,5	Confortable	Aucun stresse thermique	

Résultats Ray-man pro (Place de la cité Les Bananiers)

RayMan Pro 2,1 c 2010	Place : Place de la cité Les Bananiers	FVC : 0,574
Géogr: Longitude: 2°50' E	Latitude: 36°28' N	Altitude (au niveau de la mer): 256m

Personal data: Height: 1,75m , Weight: 75kg , Age: 35an , Sex: m , Clothing: 0,9clo , Activity: 80,0 w

Date	Jour de l'année	Temps heur	Ta C°	RH %	v m/s	FVC	Tmrt C°	PET C°	Perception thermique	Niveau de stresse thermique
		L'après midi	13h 01min	36	25	3	56,5	43,4	Extrêmement chaud	Stresse extrême de chaleur
		Le soir	18h 01min	32	48	2	44,8	36	Très chaud	Fort stresse de chaleur
		La nuit	00h 01min	27	29	2	21,5	22,3	Confortable	Aucun stresse thermique

Résultats Ray-man pro (Place de la cité Les Bananiers)											
RayMan Pro 2,1 c 2010						Place : Place de la cité Les Bananiers					FVC : 0,574
Géogr: Longitude: 2°50' E						Latitude: 36°28' N					Altitude (au niveau de la mer): 256m
Personal data: Height:1,75m , Weight: 75kg , Age: 35an , Sex: m , Clothing: 0,9clo , Activity: 80,0 w											
Date	Jour de l'année	Temps		Ta	RH	v	FVC	Tmrt	PET	Perception thermique	Niveau de stresse thermique
		heure									
17-août-17	n° 229	Le matin	07h 01min	30	86	2	0,574	30,5	29,3	Chaud	Stresse de chaleur modéré
		L'après midi	13h 01min	33	59	3		55,2	40,2	Très chaud	Fort stresse de chaleur
		Le soir	18h 01min	30	78	2		39,7	32,5	Chaud	Stresse de chaleur modéré
		La nuit	00h 01min	25	90	2		20,2	20,8	Confortable	Aucun stresse thermique

Remarque : Les résultats obtenus pour la place de la cité "Les Palmiers" sont comparables à ceux de la place du 1er Novembre.