

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE CONSTANTINE 3
FACULTE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

N° d'ordre:.....

Série:.....

THESE DE DOCTORAT EN-SCIENCE

Spécialité : Architecture

- Option : Architecture bioclimatique -

TITRE :

**IMPACT DE LA DENSITE URBAINE SUR LE
MICROCLIMAT**

"Cas de l'habitat individuel à la ville d'Ain Smara"

Présentée par : Mme FOUZIA BOUCHERIBA

Sous la direction du Pr/ FATIHA BOURBIA

Jury d'évaluation :

Pr Samira Debbache:.....Président, Université Constantine 3

Pr Yasmina Bouchahm:.....Examinateur, Université Constantine 3

Pr Said Mazouz:Examinateur, Université d'Oum El Bouaghi

Pr Djamel Alkama:Examinateur, Université de Guelma

Pr Shady Attia:Examinateur, Université de Liège (Belgique)

Pr Fatiha Bourbia :Rapporteur, Université Constantine 3

2016-2017

je dédie ce travail :
... A Ma mère
... A la mémoire de mon père

REMERCIEMENTS

Je remercie énormément mon encadreur Pr. Fatiha Bourbia pour avoir encadré ce travail ainsi que pour tous ses efforts et sa disponibilité tout au long de la recherche

Je remercie mes enseignantes et collègues du laboratoire "ABE" de Constantine pour m'avoir encouragé et soutenu

Je remercie Pr. Shady Attia de l'université de Liège pour m'avoir accueillis au sein de son laboratoire "SBD" et pour tous ses précieux conseils et ses orientations

Je remercie énormément messieurs : le recteur de l'université d'Oum El Bouaghi "Dr Ahmed Bouras" ainsi que le doyen de la faculté d'Architecture et le chef du département d'Architecture de l'université d'Oum El Bouaghi pour m'avoir accorder un congé scientifique afin de pouvoir finaliser ma thèse

Je remercie Malek, Amir et Fadi pour leur contribution au travail de terrain

Je remercie Ramzi pour avoir mis à ma disposition son matériel informatique

Je remercie tous ceux qui ont contribué à l'aboutissement de ce travail

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicaces

Contenu

Pages

- Liste des figures
- Liste des tableaux
- Liste des équations
- Abréviations

CHAPITRE INTRODUCTIF

Introduction générale	01
1. Problématique.....	05
2. Hypothèses de recherche.....	06
3. Objectifs.....	07
4. Méthodologie et structure de la recherche.....	08

CHAPITRE I : La densité urbaine ; compréhension conceptuelle et Règlementaire

Introduction	11
I. Compréhension conceptuelle	13
1. Définitions de la densité urbaine.....	13
2. La densité urbaine dans le contexte morphologique.....	15
3. La densité dans le contexte global de planification urbaine.....	16
4. La densité à l'échelle urbaine.....	17
4.1. Densité et formes urbaines.....	17
4.2. Le tissu urbain entre : densité perçue et densité vécue.....	17
5. Indicateurs morphologiques de densité urbaine.....	19
5.1. Rugosité urbaine.....	19
5.2. Compacité urbaine.....	20
5.3. Porosité urbaine.....	21
5.4. Sinuosité urbaine.....	22
5.5. Rapport H/L.....	22
5.6. SVF (Facteur de visibilité du ciel).....	23
5.7. Silhouette urbaine.....	24
II. Compréhension règlementaire	26
1. Les indicateurs de densité selon la réglementation urbaine Algérienne.....	26
1.1. Le « COS » et le « CES » : Deux indicateurs de densité ?.....	28
1.2. Le « COS » : indicateur de densité verticale.....	28

1.3.Le « CES» : Indicateurs de densité horizontale.....	30
1.4.Rapport règlementaire entre le CES et le COS.....	30
2. La densité urbaine et la réglementation climatique.....	33
2.1.La notion d' « Indicateurs morpho-climatiques ».....	33
2.1.1. Des indicateurs « morpho-physiques ».....	34
2.1.2. Des indicateurs « physico-morphologiques ».....	34
2.1.3. Des indicateurs « morpho-physico-sensibles » ou non quantifiable.....	34
3. Réglementation Algérienne.....	34
3.1.L'intérêt environnemental de la densité exprimée par le COS et du CES dans la réglementation Algérienne en vigueur.....	34
4. Synthèse des textes règlementaires Algériens.....	35
4.1.Loi n°90-29 du 01/12/1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme modifiée et complétée par la loi n°04-05 du 14/08/2004.....	35
4.1.1. Définition.....	36
4.1.2. Chapitre I, Article 1, 5 et 6.....	36
4.1.2.1.Chapitre I, Article 01.....	36
4.1.2.2.Chapitre II, Article 05.....	37
4.1.2.3.Chapitre II, Article 06.....	38
4.2.Décret exécutif n°91-175 du 28/05/1991 définissant les règles générales d'aménagement, d'urbanisme et de construction.....	39
4.2.1. Définition.....	39
4.2.2. Chapitre I, section1, Article 10.....	40
4.2.3. Chapitre I, section1, Article 11.....	40
4.2.4. Chapitre I, section2, Articles de 21 à 24.....	41
4.2.4.1.Chapitre I, section2, Article 21.....	41
4.2.4.2.Chapitre I, section2, Article 22.....	43
4.2.4.3.Chapitre I, section2, Article 23.....	44
4.2.4.4.Chapitre I, section2, Article 24.....	47
4.2.5. Chapitre I, section2, Article 26.....	48
4.3.Décret exécutif n°91-176 du 28/05/1991 fixant les modalités d'instruction et de délivrance du certificat d'urbanisme, du permis de lotir, du certificat de morcellement, de permis de construire, du certificat de conformité et du permis de démolir.....	49
4.3.1. Définition.....	49
4.3.2. Chapitre II, section1, Article : 09, alinéa 6.....	49
4.4.Décret exécutif n°91-177 du 28/05/1991 fixant les modalités d'élaboration et d'approbation du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) ainsi que le contenu des documents y afférents modifié et complété par le décret exécutif n°05- 317 du 10/09/2005.....	50
4.4.1. Définition.....	50

4.4.2. Chapitre III, Article n°17.....	50
4.5.Décret exécutif n°91-178 du 28/05/1991 fixant les modalités d'élaboration et d'approbation du plan d'occupation au sol (POS) ainsi que le contenu des documents y afférents modifié et complété par le décret exécutif n°05-318 du 10/09/2005	51
4.5.1. Définition.....	51
4.5.2. Chapitre III, article 18.....	52
4.6.Des textes modifiant et complétant la loi 90-29, le décret 91-177 et le décret 91-178 sus cités.....	54
Conclusion	46
 CHAPITRE II : Revue de littérature	
Introduction	58
1. L'intérêt de la réglementation urbaine.....	61
2. La densité urbaine : Diversité d'approches.....	61
2.1. La densité urbaine du point de vue règlementaire et morphologique.....	61
2.2. La densité urbaine du point de vue morpho-climatique.....	65
Conclusion	77
 CHAPITRE III : Impact de la densité urbaine sur le microclimat	
Introduction	79
1. Les enjeux environnementaux de la densité urbaine.....	81
1.1.La densité urbaine et la qualité de l'air.....	81
1.1.1. La pollution de l'air.....	81
1.1.2. Le smog.....	83
1.2.La consommation énergétique.....	83
2. La densité et le bilan radiatif urbain.....	87
3. La densité et le bilan énergétique urbain.....	88
4. Rapport entre la densité urbaine et l'ICU.....	89
4.1.Qu'est ce que l'ICU?.....	89
4.2.Effet de la densité urbaine sur l'ICU.....	91
5. Impact de la densité urbaine sur le microclimat.....	92
5.1.Impact de la densité urbaine sur la température de l'air.....	93
5.2.Impact de la densité urbaine sur la température de surface.....	95
5.3.Impact de la densité urbaine sur l'écoulement du vent.....	97
5.3.1. Différents effets du vent au niveau de la basse atmosphère.....	97
5.3.2. Effets aérodynamiques en milieu urbain dense.....	100
5.3.2.1.Le panache.....	102
5.3.2.2.Le dôme.....	102
5.4.Impact de la densité urbaine sur les précipitations.....	103

5.5.Impact de la densité urbaine sur l'humidité relative de l'air.....	104
Conclusion	106
CHAPITRE IV : Evaluation de la densité urbaine de l'habitat individuel à la ville d'Ain Smara, Le SIG outil d'analyse et d'investigation	
Introduction	108
<i>I. CAS D'ETUDE N°1: VILLE D'AIN SMARA</i>	110
1. Présentation de la ville d'Ain Smara.....	110
2. Classification climatique.....	110
3. Topographie de la ville.....	111
4. Définition des entités urbaines de la ville d'Ain Smara.....	113
5. Investigation sur terrain.....	114
5.1.Analyse thématique de la densité urbaine relative à l'habitat individuel à la ville d'Ain Smara.....	120
5.1.1. Base de données préliminaire.....	120
5.2. <i>Premier constat</i> : Rapport entre le COS et le CES (Approche géométrique).....	121
5.2.1. Evaluation des indices de densité urbaine.....	121
5.2.2. Rapport entre le COS et le CES.....	121
5.2.3. Rapport entre Nombre de niveaux et CES.....	123
5.3.Analyse thématique du microclimat urbain "Période d'été".....	125
5.4.Analyse thématique du Microclimat urbain "Période d'hiver".....	132
5.5.Interprétation et discussion des résultats.....	139
5.5.1. Impact du COS et du CES sur le microclimat.....	139
5.5.1.1.Période d'été.....	139
5.5.1.2.Période d'hiver.....	140
5.5.2. Evaluation de l'effet microclimatique du Prospect H/L au niveau de l'habitat individuel.....	142
5.5.2.1.Aperçu sur les résultats des recherches similaires.....	143
5.5.2.2.Corrélation entre le SVF, H/L et les variations thermiques des centres urbains.....	144
5.5.2.3.Effet du prospect sur le microclimat des lotissements promotionnels en été et en hiver.....	145
5.5.2.4.Effet du prospect sur le microclimat des cités d'habitat évolutif et préfabriqué en été et en hiver.....	148
5.6.Interprétation et discussion des résultats.....	150
5.6.1. Le SVF comme nouvel indicateur morpho-climatique et de densité en rapport avec le COS et le CES.....	152
Conclusion	153
CHAPITRE V : Densité urbaine d'un groupement d'habitat individuel	
Introduction	155

I. <u>CAS D'ETUDE N°2</u> : Lotissement d'habitat individuel promotionnel.....	157
1. Présentation du cas d'étude et caractéristiques d'occupation du sol.....	157
2. Justification du choix du cas d'étude.....	158
3. Analyse morphologique et morpho-climatique du lotissement.....	159
3.1. Analyse morphologique du lotissement en exploitant l'Arc-gis9.....	159
3.1.1. Description générale.....	159
3.1.2. Base de données relative au lotissement.....	159
3.1.3. Analyse thématique.....	161
3.1.3.1. Surface foncière des lots.....	161
3.1.3.2. Valeurs du CES.....	162
3.1.3.3. Valeurs du COS.....	163
3.1.4. Rapport entre la surface des lots, le CES et le COS.....	164
3.2. Analyse morpho-climatique du lotissement en exploitant le programme "Envi-met4".....	165
3.2.1. Rapport entre le CES (net) et les paramètres microclimatique.....	165
3.2.1.1. Définition de la température moyenne radiante (Tmrt).....	166
3.2.1.2. Importance de la température moyenne radiante (Tmrt).....	166
3.2.1.3. Limites de la température moyenne radiante (Tmrt).....	167
3.2.2. Analyse microclimatique de l'état existant (CES= 0.45).....	168
3.2.3. Analyse microclimatique après changement du CES (CES = 0.60 & CES= 0.35).....	173
3.3. Discussion des résultats.....	173
3.3.1. Température de l'air.....	173
3.3.2. Température moyenne radiante (Tmrt).....	174
II. <u>CAS D'ETUDE N°3</u> : Analyse morphologique et morpho-climatique du "lot n°7".....	176
1. Analyse morphologique.....	176
2. Analyse microclimatique.....	177
2.1. Période d'été.....	177
2.1.1. Mesures in-situ.....	177
2.1.2. Température de l'air.....	177
2.1.3. Humidité relative de l'air.....	178
2.2. Période d'hiver.....	179
2.2.1. Mesures in-situ.....	179
2.2.2. Température de l'air.....	180
2.2.3. Humidité relative de l'air.....	180
3. Analyse morpho-climatique.....	181
3.1. Effets du SVF sur la température de l'air (Ta) et la température moyenne radiante (Tmrt).....	181

3.1.1. Effets des paramètres morphologiques sur « Ta » et « Tmrt ».....	181
3.1.1.1.En été.....	181
3.1.1.2.En hiver.....	184
3.2.Effets du rapport H/L sur le flux radiatif.....	185
3.3.Effet de l'orientation sur la Tmrt.....	186
4. Définition d'un indicateur morpho-climatique en rapport avec le intégrant H, L, SVF,COS et CES.....	188
Conclusion	192
Conclusion générale et recommandations	194
Bibliographie	201
Annexes.....	
- Annexe I: Le SIG, Outil d'analyse et d'investigation.....	218
- Annexe II: Synthèse du PDAU d'Ain Smara (La dimension morpho-climatique de la densité urbaine).....	230
- Annexe III: Interprétation des données climatiques de la ville d'Ain Smara.....	244
- Annexe IV: Simulation du microclimat du lotissement promotionnel investigué en changeant le paramètre « CES ».....	247
- Annexe V: Règlementation urbaine algérienne.....	
- Annexe VI: Production scientifique.....	
▪ Résumés (Français, Anglais, Arabe).....	
▪ Précisions utiles	

LISTE DES FIGURES

N°	Chapitre et Titres	Pages
Chapitres I		
Figure n°1	Différentes densités urbaines selon le nombre de logements à l'hectare (logt/ha)	13
Figure n°2	Deux types de densités urbaines selon le rapport plein/vide au niveau de deux structures urbaines différentes: régulière et irrégulière	14
Figure n°3	Différentes formes urbaines avec la même densité de population et de logements	15
Figure n°4	Typologie du bâti et densité nette.	18
Figure n°5	Exemple de la densité urbaine existante et perçue comme illustrée par V. Fouchier	19
Figure n°6	Variation de la vitesse du vent entre la ville et ses alentours (la campagne)	20
Figure n°7	Les cinq classes de rugosité	20
Figure n°8	Dimensions d'une rue ; H : hauteur des constructions & L ; largeur de la rue	23
Figure n°9	Variation de l'accès du soleil et de l'effet d'ombre selon les différentes valeurs du rapport H/L	23
Figure n°10	Exemples de trois configurations différentes du SVF	24
Figure n°11	Exemples de photos « FishEye » qui aident au calcul du SVF (A): SVF=0.23 , (B) : SVF= 0.12, (C) : SVF= 0.56	24
Figure n°12	Exemple sur la densité à New-York entre 1916 et 1961	25
Figure n°13	Schématisation de la densité urbaine à travers la silhouette	25
Figure n°14	Graphes montrant le profil de densité entre le centre et la périphérie	25
Figure n°15	Densification en hauteur avec l'apparition des grattes ciels	27
Figure n°16	Vue en coupe schématisant la méthode de calcul du COS	28
Figure n°17	Surfaces à prendre en compte pour le calcul du COS	29
Figure n°18	Vue en 3D représentant trois cas différents de COS	29
Figure n°19	vue en plan schématisant la méthode de calcul du CES	30
Figure n°20	Rapport entre le CES et le COS	31
Figure n°21	Différentes implantations des constructions par rapport aux voies de desserte	37
Figure n°22	Implantations des constructions en cas D'absence d'un plan d'alignement	41
Figure n°23	Le prospect tel que défini par la réglementation Algérienne	42
Figure n°24	Distance minimale entre deux constructions non contiguës	43
Figure n°25	Géométrie de la rue comme indiquée dans la réglementation en vigueur	44
Figure n°26	Conditions d'implantation des constructions sur terrain en pente	45
Figure n°27	Conditions d'implantation d'une construction entre les deux voies (Terrain en pente)	45
Figure n°28	Conditions d'implantation d'une construction entre les deux voies (Terrain plat)	46
Figure n°29	Conditions d'implantation d'une construction à l'angle des deux voies	46
Figure n°30	Distance de la limite séparative telle que définie par la réglementation Algérienne	48
Chapitre II:		
Figure n°1	Densité comparée de quatre typologies d'habitat	62
Figure n°2	Situation des trois sites étudiés par A.O.Fouad	65
Figure n°3	Coupe illustrant les trois sites étudiés	65

Figure n°4	Plan parcellaire étudiés par Alzoubi	66
Figure n°5	Coupe indiquant la relation entre l'ensoleillement des bâtiments et l'insolation solaire maximale possible	66
Figure n°6	Illustration de l'échelle détaillée étudiée par Alzoubi	66
Figure n°7	Exemple de simulation effectuée le 15 Novembre afin d'évaluer l'impact de la hauteur des constructions sur l'accès du soleil : A) plain projected sunlight, B) linear analysis of sunlight done by lightscape, and C) logarithmic analysis of sunlight projected on building facades.	67
Figure n°8	Exemple de simulation effectuée le 21 Décembre afin d'évaluer l'impact de la hauteur des constructions sur l'accès du soleil : A) plain projected sunlight, B) linear analysis of sunlight done by lightscape, and C) logarithmic analysis of sunlight projected on building facades.	67
Figure n°9	Largeur de rue déterminée selon la portion profitable du ciel » (30° à 75°)	71
Figure n°10	Potentiel d'économie d'énergie selon la densité des bâtiments (plus la valeur est importante plus le bâtiment consomme de l'énergie)	71
Figure n°11	Différents profils de rue : rue canyon (case I), profil de galeries(case II), forme asymétrique surplombante (case III), rue canyon plantée d'arbres (case IV), (caseV)	73
Figure n°12	Simulation du flux radiatif global d'une rue à une géométrie exprimée par un rapport H/L = 1	74
Figure n°13	Paramètres d'analyse de la rugosité d'une surface bâtie selon Bottema	75
Figure n°14	Paramètres de l'analyse « morphométrique » de Oke et Grimmond	75

Chapitre III:

Figure n°1	Illustrations de deux formes de pollution urbaine	82
Figure n°2 et 3	Deux cas de smog en « Chine »	83
Figure n°4	Impact de la forme urbaine sur la consommation énergétique	84
Figure n°5	Consommation de carburant en fonction de la densité urbaine	85
Figure n°6	Positions des températures extérieures et intérieure probables par rapport à la zone de confort	86
Figure n°7	Rapport entre la densité de la population et les émissions de carbone dues aux transports à travers les grandes villes du monde	86
Figure n°8	Bilan radiatif urbain	88
Figure n°9	Bilan énergétique urbain	89
Figure n°10	Schématisation de l'ICU par isothermes	90
Figure n°11	Profil d'un ICU	90
Figure n°12	Répartition des ICU à Paris en été et en hiver	91
Figure n°13	Profil d'un îlot de chaleur urbain En fonction de la densité urbaine	92
Figure n°14	Illustration de la géométrie d'une rue urbaine	92
Figure n°15	Schématisation des paramètres urbains influençant le microclimat urbain	93
Figure n°16	Variations de la température de l'air nocturne à Paris du centre jusqu'à la périphérie	94
Figure n°17	Variation de la moyenne de température de l'air de différentes villes japonaise pendant une décennie à l'équinoxe d'automne en fonction de la densité urbaine	95
Figure n°18	Différence de température entre les différents matériaux exposés au soleil	95
Figure n°19	Illustration de l'expérience menée par le Groupe de Hashem Akbari	95
Figure n°20	Phénomène d'inter-réflexion	96
Figure n°21	Variation des températures de l'air et de surfaces par rapport à l'ICU	96
Figure n°22	Variation de la température de surfaces en fonction de la densité de deux quartiers Parisiens	97

Figure n°23	Réduction de la vitesse d'écoulement du vent en rencontre d'un obstacle	98
Figure n°24	Réduction de la vitesse d'écoulement du vent en fonction de la densité urbaine	98
Figure n°25	Hauteur de déplacement de l'écoulement du vent en zone rugueuse (canopée urbaine)	99
Figure n°26	Effet du vent au niveau de deux tissus urbain : Un tissu aéré à densité moyenne, et un autre compacte et d'une forte densité	100
Figure n°27	Différents types de porosités urbaines influent l'écoulement de l'air	100
Figure n°28	Phénomène de convergence des vents entre la ville et la campagne	100
Figure n°29	Différentes vitesses du vent en fonction du terrain en partant du centre ville jusqu'à la campagne	101
Figure n°30	Comportement du vent à partir de la couche limite atmosphérique jusqu'à la canopée urbaine dense	101
Figure n°31	Phénomène de Panache urbain à Paris	102
Figure n°32	Phénomènes de panache et de dôme urbains au dessus des villes	103
Figure n°33	Formation des précipitations en milieu urbain	103
Figure n°34	Variation diurne de l'humidité absolue entre une zone urbaine et une zone rurale en été	105

Chapitre IV:

Figure n°1	Situation de la ville de Ain Smara	110
Figure n°2	Introduction de la base de données administratives de la ville d'Ain Smara	110
Figure n°3	Les zones climatiques d'hiver en Algérie	111
Figure n°4	Les zones climatiques d'été en Algérie	111
Figure n°5	Définition des différentes altitudes du site	112
Figure n°6	Vue en 3D du relief de la ville de Ain Smara	112
Figure n°7	Coupes topographique sur la ville de Ain Smara en exploitant Google Earth	112
Figure n°8	Coupes topographique sur la ville d'Ain Smara en exploitant Google Earth	113
Figure n°9	Thermo-couple	114
Figure n°10	Disto-mètre	114
Figure n°11	Objectif fish eye	114
Figure n°12	Définition des différentes stations de mesure dans ArcGis	116
Figure n°13	Définition des entités urbaines existantes à Ain Smara	117
Figure n°14	Pourcentage d'occupation au sol de chaque type d'habitat COLL: 606756 m ² (38%) – IND: 1195917 m ² (60%) – SC: 36624 m ² (2%)	118
Figure n°15	Répartition des stations de mesure au niveau de la ville de Ain Smara	119
Figure n°16	Numérotation des différentes stations de mesure de l'habitat individuel	121
Figure n°17	Relation entre le COS et le CES	123
Figure n°18	Relation entre le CES et la hauteur des constructions	124
Figure n°19	Variation du microclimat urbain en été au niveau de l'habitat individuel en fonction du CES	126
Figure n°20	Variation de la température de l'air en été au niveau de l'habitat individuel en fonction du CES	127
Figure n°21	Variation du microclimat urbain en été au niveau de l'habitat individuel en fonction du COS	128
Figure n°22	Variation de la température de l'air en été au niveau de l'habitat individuel en fonction du COS	129
Figures n°23 et 24	Relation entre le CES et la température de l'air	130
Figure n°25	Relation entre le COS et la température de l'air	131

et 26		
Figure n° 27	Variation du microclimat urbain en hiver au niveau de l'habitat individuel en fonction du CES	133
Figure n° 28	Variation de la température de l'air en hiver au niveau de l'habitat individuel en fonction du CES	134
Figure n° 29	Variation du microclimat urbain en hiver au niveau de l'habitat individuel en fonction du COS	135
Figure n° 30	Variation de la température de l'air en hiver au niveau de l'habitat individuel en fonction du COS	136
Figure n°31 et 32	Relation entre le CES et la température de l'air	137
Figure n°33 et 34	Relation entre le COS et la température de l'air	138
Figure n° 35	Répartition de la température de l'air en été au niveau des 12 stations (Lotissements promotionnels, habitat évolutif, cité préfabriquée)	140
Figure n° 36	Répartition de la température de l'air en hiver au niveau des 12 stations (Lotissements promotionnels, habitat évolutif, cité préfabriquée)	141
Figure n° 37	Situation des trois typologies d'habitat individuel prises en compte : Habitat individuel promotionnel, évolutif et préfabriqué	142
Figure n° 38	Relation entre le rapport H/L et la température de l'air	143
Figure n° 39	Paramètres géométrique caractérisant une rues	143
Figure n° 40	Phénomène d'inter-réflexion	144
Figure n° 41	Emplacement des points de mesure au niveau de deux quartiers : traditionnel et moderne	145
Figure n° 42	Photos Fish Eye au niveau des lotissements promotionnels	147
Figure n° 43	Variation du SVF au niveau des lotissements en fonction du rapport H/L	148
Figure n° 44	Variation de la température de l'air d'été au niveau des lotissements en fonction du rapport H/L	148
Figure n° 45	Variation de la température de l'air d'hiver au niveau des lotissements en fonction du rapport H/L	148
Figure n° 46	Photos Fish Eye au niveau de l'habitat individuel évolutif & préfabriqué	149
Figure n° 47	Variation du SVF au niveau d'habitat individuel évolutif et préfabriqué en fonction du rapport H/L	150
Figure n° 48	variation de la température de l'air d'été au niveau de l'habitat évolutif et préfabriqué en fonction du rapport H/L	150
Figure n° 49	variation de la température de l'air d'hiver au niveau de l'habitat évolutif et préfabriqué en fonction du rapport H/L	150
Chapitre V:		
Figure n°1	Situation du lotissement individuel objet de l'étude	157
Figure n°2	Vue en plan du lotissement étudié	157
Figure n°3	Prise de vues de plusieurs endroits du lotissement	158
Figure n°4	Plan parcellaire du lotissement	160
Figure n°5	Plan de masse du lotissement	160
Figure n°6	Surfaces des lots	161
Figure n°7	Les lots dont la surface dépasse 500m ²	161
Figure n°8	les différentes valeurs du CES de l'ensemble des lots	162
Figure n°9	Les lots dont le CES est inférieur ou égal à 0,47	162
Figure n°10	Les différentes valeur du COS de l'ensemble des lots	163
Figure n°11	Les lots dont le COS est inférieur à 1,3	163
Figure n°12	Rapport entre les surfaces des lots et le CES	165

Figure n°13	Rapport entre le COS et le CES	165
Figure n°14	Changement du CES	166
Figure n°15	Température de l'air en été en conservant un CES moyen net réel =0,45	169
Figure n°16	Température moyenne radiante en été en conservant un CES moyen net réel =0,45	170
Figure n°17	Température de l'air en hiver en conservant un CES moyen net réel =0,45	171
Figure n°18	Température moyenne radiante en hiver en conservant un CES moyen net réel =0,45	172
Figure n°19	Changement du CES (1) CES (existant)= 0.45, (2) CES= 0.60, (3) CES = 0.35	173
Figure n°20	Variation de la température de l'air en été en fonction des trois valeurs du CES Le 21 Juin 2014	174
Figure n°21	Variation de la température de l'air en hiver en fonction des trois valeurs du CES Le 21 Décembre 2014	174
Figure n°22	Variation de la température moyenne radiante en été en fonction des trois valeurs du CES Le 21 Juin 2014	175
Figure n°23	Variation de la température moyenne radiante en hiver en fonction des trois valeurs du CES Le 21 Décembre 2014	175
Figure n°24	Situation et cotation des quatre stations 1,2,3,4	176
Figure n°25	Détails géométriques des quatre stations 1,2,3,4	177
Figure n°26	Courbes de la température de l'air mesurée en été Le 21 Juin 2014	178
Figure n°27	Courbes de l'humidité relative de l'air mesurée en été Le 21 juin 2014	179
Figure n°28	Courbes de la température de l'air mesurée au niveau des 4 stations en hiver Le 21 Décembre 2014	180
Figure n°29	Courbes de l'humidité relative de l'air mesurée au niveau des 4 stations en hiver Le 21 Décembre 2014	181
Figure n°30	Variations de Ta, Tmrt en été le 21/06/2014 à 12h en fonction du SVF	183
Figure n°31	Variations de Ta, Tmrt en été le 21/06/2014 à 12h en fonction du rapport H/L	184
Figure n°32	Variations de Ta, Tmrt en hiver le 21/12/2014 à 12h en fonction du SVF	184
Figure n°33	Variations de Ta, Tmrt en hiver le 21/06/2014 à 12h en fonction du rapport H/L	185
Figure n°34	Différents flux radiatifs en été au niveau des 4 stations Le 21 Juin 2014	185
Figure n°35	Différents flux radiatifs en hiver au niveau des 4 stations Le 21 Décembre 2014	186
Figure n°36	Phénomène de multi-réflexion	186
Figure n°37	Ouverture au ciel et orientation des quatre rues abritant les quatre stations 1,2,3,4	187
Figure n°38	Paramètres géométrique caractérisant une rue et la méthode de calcul du SVF	190

LISTE DES TABLEAUX

N° Des tableaux	Titres et Chapitre I	Pages
Tableau n°1	Caractéristiques des différents types de rugosité	20
Tableau n°2	Densités proposées par le PDAU d'Alger en fonction du COS et du CES	32
Tableau n°3	Exemple de COS et de CES au niveau de grandes villes mondiales	33
Chapitre II		
Tableau n°1	Les facteurs urbains à prendre en compte pour l'analyse des besoins énergétiques selon Noémie Gauthier	68
Tableau n°2	Classification simplifiée des formes urbaines hiérarchisées selon leur effet potentiel sur le Climat local	69
Chapitre III		
Tableau n°1	Evolution de la quantité de polluants en fonction des tailles des villes	82
Chapitre IV:		
Tableau n°1	Introduction de la base de données relative à l'habitat individuel dans ArcGis	121
Tableau n°2	Température de l'air en été et en hiver au niveaux des lotissements promotionnel	146
Tableau n°3	Récapitulatif des paramètres géométriques caractérisant les huit lotissements ayant es données communes suivantes : CES=0,6- COS=1,8-Niveaux=3-H=13,L'=15	146
Tableau n°4	Température de l'air en été et en hiver au niveaux des cités de l'habitat évolutif et préfabriqué	149
Tableau n°5	Récapitulatif des paramètres géométriques caractérisant les cités d'habitat individuel évolutif et préfabriqué avec la distance L=10	149
Chapitre V		
Tableau n°1	Base de données relative aux 36 lots du lotissement telle que définie dans le SIG	159
Tableau n°2	Limites du confort définies par Qun Dai et Marc Aurel Schnabel en 2013	167
Tableau n°3	Limites du confort définies par Qun Dai et Marc Aurel Schnabel en 2014	168
Tableau n°4	Paramètres microclimatiques mesurés en été Le 21 juin 2014	177
Tableau n°5	Paramètres microclimatiques mesurés en hiver Le 21 Décembre 2014	179

LISTE DES EQUATIONS: (Les définitions des abréviations et des symboles sont mentionnées à la page suivante)

N°	L'équation	Pages
Chapitre I		
Eq n°1	$V = K \times V(ref) \times \log \frac{Z}{Z_0} = C \times V(ref)$	19
Eq n°2	$Cut = \sum_i^N \frac{A_{ext,i}}{Spl,i}$	21
Eq n°3	$P = \frac{\sum_i \pi r^2 h_{,i} Li}{\sum_i Vi + \sum_j Vj}$	21
Eq n°4	$rh_{,i} = \frac{hc \times L}{hc + L}$	21
Eq n°5	$S\theta = \frac{\sum_{seg\ rues} \cos^2(\theta_i) \times Li}{\sum_{seg\ rues} Li}$	22
Eq n°6	$CES = \frac{COS}{n}$	30
Chapitre III:		
Eq n°1	$\Delta T_{urMax} = 7,54 + 3,97 \ln \left(\frac{H}{L} \right)$	92
Chapitre IV:		
Eq n°1	$SVF = \cos(\sin) \beta$	143
Eq n°2	$\Delta T (max) = 15,27 - 13,88 \times SVF$	144
Chapitre V:		
Eq n°1	$H^2 + l^2 = A^2$	190
Eq n°2	$SVF = \frac{L}{2 \times \sqrt{H^2 + l^2}}$	190
Eq n°3	$SVF = \frac{L}{2 * \sqrt{\frac{COS \times h^2}{CES^2} + l^2}}$	190

LISTE DES ABREVIATIONS:

Abréviations	Définitions
COS	Coefficient d'occupation du sol
CES	Coefficient d'emprise au sol
PDAU	Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme
POS	Plan d'occupation du sol
SVF	Facteur d'ouverture au ciel
H	Hauteur des constructions
L	Largeur de la rue
h	Hauteur d'un étage courant
l	C'est le rapport $L/2$
n	Nombre de niveaux
A	l'hypoténuse du triangle droit abc
ΔT	Intensité de l'îlot de chaleur urbain
V	Variation de la vitesse du vent
Cut	Compacité urbaine
P	Porosité urbaine
Sθ	Sinuosité urbaine
Tmrt	Température moyenne radiante
Ta	Température de l'air
DUC	Direction de l'urbanisme et de la construction
APC	Assemblée populaire communale
JO	Journal officiel
APU	Atelier Parisien de l'urbanisme
AFD	Agence française de développement
DUD	Développement urbain durable
SIG	Système d'information géographique
ACL	Agglomération chef lieu
AS	Agglomération secondaire
ZE	Zone éparsé
LPEE	Laboratoire Public d'Essais et d'Etudes (Maroc)



INTRODUCTION GENERALE
&
PROBLEMATIQUE

Introduction générale :

La prise en compte de la qualité des espaces extérieurs urbains ne date pas d'hier. Les notions d'habitation, de travail, de circulation et également de détente et de confort ont déjà été abordées, discutées et adoptées par la célèbre "Charte d'Athènes" Depuis déjà près d'un siècle. Toutefois, il est constaté que la ville contemporaine notamment celle du tiers monde se caractérise par contre par le refus des espaces publics urbains. Ces derniers n'attirent plus l'attention ,ils sont devenus sans directions, ni limites, vagues et inconsistants. En résumé, ils deviennent de plus en plus la conséquence d'une juxtaposition de constructions et de volumes. La répartition du cadre bâti à son tour ne répond plus aux exigences de confort recherchés par l'individu. On est entrain de le concevoir sans aucune prise en compte de son aspect extérieur et de son impact sur l'environnement urbain. L'usager quant à lui, ne se trouve pas sollicité ou même consulté lors de la conception et la construction de la ville.

Toutefois, on a commencé depuis déjà des décennies à réfléchir selon une nouvelle tendance qui est la reconstruction des villes à partir des espaces extérieurs. Il s'agit de faire de l'espace public un élément générateur des formes bâties en intégrant notamment toutes les notions récentes de durabilité. De ce fait, et en abordant le sujet du développement durable, il est inutile de rappeler les séquelles du choc pétrolier du début des années 70 qui a généré cette nouvelle stratégie de vouloir concevoir avec la nature, car la situation économique actuelle du monde, et cette nouvelle crise pétrolière de l'an 2016 nous confirme encore une fois que l'avenir du monde ne devra plus se reposer sur ces énergies fossiles épuisables d'une part et exposées à des chutes libres de prix qui risquent de mettre en grave vulnérabilité l'avenir de certains pays entre autres l'Algérie.

L'architecture et l'urbanisme des villes d'aujourd'hui doivent s'aligner à cet objectif. Si le monde occidental s'est trouvé dans l'obligation de réfléchir à un mode de vie avec la moindre consommation énergétique et de mettre ainsi le domaine du bâtiment et de planification urbaine au centre de ses préoccupations, le tiers monde doit à son tour rejoindre cette démarche. Néanmoins, il est devenu évident qu'une architecture durable démarre d'abord d'un urbanisme durable et que le climat est un facteur clé dans cette équation.

Le changement climatique est une réalité. Ses causes sont multiples, variées et assez compliquées. Toutefois, les modifications des paramètres atmosphériques restent visiblement la cause et en même temps le résultat primordial de ce changement. Ce dernier devient de plus

en plus perceptible. D'après les nombreux travaux de recherche, les grands changements ayant attiré l'attention des chercheurs se résument en ce qui suit :

- *Les Précipitations*: le taux de précipitations a connu un grand changement et de grandes perturbations. De vastes régions des cinq continents connaissent dans ce sens de fortes tendances à la hausse ou à la baisse par rapport à la moyenne habituelle des précipitations.
- *Les Gaz à effet de serre* : les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ont augmenté en raison des activités humaines et la forte utilisation des combustibles fossiles
- *Pollution atmosphérique*: l'industrialisation intense, l'accroissement démographique et la forte densité de population en plus de l'automobile omniprésent forment une combinaison qui est à l'origine de l'élévation de taux de pollution.
- *Changement climatique dangereux* : En se basant sur le contenu de la Convention Cadre Des Nations Unies Sur Les Changements Climatiques, on peut constater la mise en place d'une définition certes générale mais claire du changement climatique, en le considérant comme : des changements de climats qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère. Cette définition a pu être plus détaillée lors de la 9ème session de la commission du développement durable, il a été conclu que : Le phénomène du changement climatique engendrant la surchauffe du globe terrestre est fortement lié à la pollution atmosphérique causée essentiellement par l'intensification de l'urbanisation et les fortes densités urbaines liées surtout aux commodités de la vie moderne.

De ce fait, et parmi les phénomènes urbains liés aux conditions thermiques des centres des agglomérations, apparaît celui de l'îlot de chaleur urbain (ICU) qui ne cesse d'être le centre d'intérêt des recherches récentes s'intéressant aux villes dans leur contexte environnemental. Ses causes sont variées, toutefois, on a souvent insisté sur le fait que la taille et la structure spatiale d'une ville sont des paramètres importants dans la naissance de ce phénomène microclimatique, car on avance que les villes avec de petits immeubles répartis au milieu de nombreux espaces verts ne présentent pas ces îlots de chaleur urbains (ICU).

Néanmoins, au niveau des pays du tiers monde dont l'Algérie, la notion de « climatologie urbaine » n'a pas encore attiré l'intérêt des différents acteurs du domaine : Urbanistes, Architectes, Paysagistes et Politiciens et au moment où la réduction de la

consommation énergétique est devenue une stratégie et un objectif dans la gestion économique et environnementale spécifiquement en matière d'architecture et d'urbanisme des pays développés où on a commencé à inventer et à appliquer des procédés passifs visant en même temps le confort des usagers, l'économie d'énergie et la protection de l'environnement.

La dimension climatique et énergétique dans la conception urbaine reste jusqu'à nos jours insignifiante voire complètement étrangère. L'approche environnementale urbaine est certes plus difficile que celle relative à l'espace architectural vue la complexité et la forte interaction des paramètres climatiques mais surtout microclimatiques les uns par rapport aux autres, cependant, toutes les volontés et les démarches constatées restent insuffisantes.

Les villes Algériennes se caractérisent par une grande négligence vis à vis de leur conception extérieure que ce soit du point de vue forme urbaine ou fonctionnement. La conception de l'image de nos villes obéit à des paramètres autres qu'environnementaux ou climatiques ; parfois c'est le besoin de loger ou de reloger une population cherchant l'abri et non le confort, dans d'autres cas elle est dessinée par des extensions anarchiques de l'habitat informel avec l'absence du contrôle et dans la plupart des cas c'est la décision politique qui délimite, conçoit et modifie l'image de la ville sans aucune prise en considération de l'aspect environnemental.

Par ailleurs, en cherchant la cause principale de cette défaillance, on est confronté à une réalité qui justifie en grande partie cette négligence qui est l'absence complète de textes réglementaires ayant trait à la climatologie et à la consommation énergétique en matière d'architecture et d'urbanisme.

Ainsi, la densité urbaine en Algérie comme toute autre forme de lecture de la ville n'a pas connu une prise en compte significative. Densité du bâti, densité de population, hauteurs des constructions, largeurs des rues, implantation des plans de masse sont tous des paramètres de définition de la densité urbaine (Voir chapitre1). Nous sommes cependant confrontés à deux problématiques distinctes : la première est l'insuffisance voire l'absence de textes règlementaires aptes à concrétiser une image urbaine tout en respectant une densité adéquate, la deuxième est la non application catégorique de ces quelques clauses qui abordent le sujet de densité et son interaction avec les données climatiques. Toutefois, et à travers cette recherche, nous constatons que peu d'importance est attribuée au sujet du non respect du règlement urbain en vigueur qui devra être pris en compte par les autorités compétentes et ceci à l'aide de moyens de gestions et de recherche jugés utiles.

En revenant à la thématique du règlement urbain climatique, l'histoire nous informe bien que les colons français en Algérie après avoir découvert le climat du territoire Algérien avec toutes ses diversités et richesses du Nord méditerranéen jusqu'à l'extrême Sud se sont bien précipités à réfléchir sur la façon adéquate de le vaincre. Chaleur intense et été prolongé, cela a poussé le colonel Charon, directeur du Génie en Algérie à adresser une lettre descriptive et surtout de recommandation au gouverneur d'Algérie¹ en lui précisant dans l'un de ses passages la nécessité « *d'éviter, autant que possible, de percer des rues du nord au midi.... de border de portiques celles que l'on serait dans l'obligation de percer en droite ligne ou bien de les abriter par des toits très saillants, en ayant aussi le soin de les tenir le moins large possible, et de les rafraîchir par un courant d'eau vive* ». Il précise dans un autre passage que « *Le climat et le risque de tremblement de terre doit nous entraîner à étudier de près les constructions établies par les arabes* ». Cependant, et malgré que les tissus urbains de l'époque coloniale ont été en partie réalisés en fonction du climat local, l'approche n'a pas été promu au stade de la mise en place d'une réglementation urbaine climatique proprement dite. Dés lors, et en héritant pratiquement le même règlement urbain, l'Algérie et par là les différents intervenants et acteurs d'urbanisme souffre jusqu'à ce jour d'un vide important quant aux textes propres à la conception climatique urbaine.

La densité urbaine donc est également concernée par cette absence de couverture réglementaire urbaine climatique quant à sa gestion et son application. Ainsi, il est important d'avoir recours à des investigations sur terrain afin d'arriver à définir une méthode d'évaluation de la densité rassemblant les deux dimensions morphologique et climatique.

On est confronté à une équation dont les variables consistent essentiellement en la densité, la réglementation et microclimat urbain. Du côté de la morphologie urbaine et notamment de géographie urbaine, la densité est souvent traitée en fonction d'indicateurs statiques bien défini selon chaque discipline. Néanmoins, en abordant la réglementation urbaine, et en cherchant à cerner la vision de cette dernière en matière de densité, il s'est avéré que cette dernière est définie voire même évaluée en fonction du coefficient d'occupation du sol (COS) et du coefficient d'emprise au sol (CES). Ces deux indicateurs sont purement géométriques. Leur application sur terrain se fait dans le cadre des instruments d'aménagement et d'urbanisme en l'occurrence le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) et le plan d'occupation du sol (POS) qui sont à leur tour traduis par des

1

plans règlementaires accompagnant les opérations relatives aux permis de lotir et de construire.

Problématique :

Notre thématique de recherche traite donc la densité urbaine et son effet sur le microclimat. Deux dimensions sont prises en charge : la densité urbaine du point de vue de la réglementation urbaine en l'occurrence Algérienne, et à cet effet, une lecture et une interprétation des textes en vigueur se sont imposées, et la densité urbaine comme évaluée et analysée dans le domaine de la climatologie urbaine où elle est reflétée par des indicateurs dits de densité qui influencent certainement d'une façon ou d'une autre les différents paramètres microclimatiques. La préoccupation essentielle était de présenter d'abord une lecture réaliste du règlement urbain existant et de chercher par quelle façon la densité urbaine est-elle abordée. Ainsi, il s'avère que deux indicateurs sont plusieurs fois cités et mis en valeur en tant que désignateurs de la densité urbaine, ce sont le « CES » et le « COS » qui sont tous les deux géométriquement définis, cependant leur relation directe avec la dimension environnementale reste très peu abordée. Etant figés voire standards au niveau des textes règlementaires, ils sont devenus insignifiants et même systématiques dans leurs applications sur terrain. Cette standardisation de leur application concerne principalement l'habitat individuel. Cette négligence vis-à-vis de l'importance géométrique de ces deux indicateurs s'est reflétée sur l'ambiance thermique et microclimatique des espaces extérieurs en général.

La ville d'Ain Smara est notre cas d'étude. Etant l'une des villes les plus structurées de la wilaya, elle a été choisie pour le traitement de cette problématique spécifique. Ain Smara est également couverte en totalité par des instruments d'aménagement et d'urbanisme ce qui contribue à une meilleure évaluation de sa densité urbaine. L'habitat individuel est à son tour mis en valeur par cette recherche. Dans ce contexte, il est à noter que la ville d'Ain Smara présente une large diversité de cette typologie d'habitat ce qui offre une investigation riche et diversifiée, et que la recherche concernait au début toutes les typologies d'habitat à savoir : l'individuel, le collectif et le semi collectif, néanmoins, il s'avère que la thématique est d'une grande ampleur et que sa complexité exige que chaque type devra faire l'objet d'une recherche indépendante.

La recherche d'une combinaison entre les paramètres morphologiques voire géométriques des tissus urbains traduits par le « CES » et le « COS » et les facteurs

microclimatiques dans le but d'aboutir à une conception urbaine favorable et confortable pour l'utilisateur et ceci au niveau des trois échelles, nous a poussé à s'interroger sur ce qui suit :

- **Comment peut-on intégrer la prise en considération de l'aspect microclimatique dans les textes réglementaires urbains en vigueur en matière de densité en se basant sur le « CES » et le « COS »?**
- **Peut-on arriver à la mise en place d'un indicateur morpho-climatique pouvant réunir les deux dimensions urbaine et climatique pour la définition de la densité urbaine?**
- **A quelle échelle urbaine cet indicateur morpho-climatique pourra-il être applicable ?**

S'interroger sur l'échelle d'intervention et d'investigation de la présente recherche s'avère une nécessité car la notion de densité telle qu'elle est abordée par différentes disciplines et à travers de multiples recherches est traitée à différentes échelles. D'autre part, l'évaluation du COS et du CES en tant qu'indicateurs de densité ne peut en aucun cas être dissociée de la notion d'indicateur (net) et indicateur (brut). Cette dernière est systématiquement traitée à une échelle globale voire d'une ville entière. De ce fait, et comme il sera détaillé ci-dessous au niveau de la méthodologie, trois échelles sont traitées dans cette approche : une échelle globale de l'ensemble de la ville, une seconde échelle au niveau d'un lotissement existant et une troisième échelle abordée au niveau d'une parcelle de terrain où les deux indicateurs sont définis avec une extrême exactitude.

Hypothèses de recherche :

La relation très étroite entre le phénomène urbain et la qualité de l'environnement impose de nombreux défis obligeant ainsi les chercheurs à se mettre plus que jamais à la recherche de solutions réelles et par conséquent se libérer des approches théoriques et globales. Ainsi, il est temps d'oser mettre en place des processus et des stratégies rapides, pratiques et surtout efficaces afin de consoler un environnement naturel envahi par une urbanisation aussi bien rapide que sauvage. Telle était notre vision en posant une problématique qui a trait au phénomène commun à toutes les villes contemporaines qui est l'effet d'une grande part "négatif" des densités urbaines adoptées par plusieurs acteurs sur cet environnement qui n'est autre que ce grand domicile abritant l'homme, le bâti, la faune et la flore.

Toutefois, en cherchant le confort et le microclimat adéquat pour une vie saine, il est supposé que la ville compacte, souvent dense, est la mieux adaptée au contexte climatique des villes à climat aride et semi aride; ce qui est d'ailleurs l'une des recommandations de l'urbanisme urbain durable. Ainsi, il est important de chercher le côté positif d'une forte densité urbaine. Une grande hauteur des constructions associée à des rues étroites et bien orientées par rapport à la course solaire peut assurer l'ombre et le confort estival et protéger des vents froids d'hiver. En terme d'indicateurs de densité, et suivant cette recommandation le « COS » qui contribue à la lecture de la densité verticale est supposé avoir un effet important afin d'atteindre cet objectif. Le CES quant à lui ne sera que le fait accompli d'un choix de la valeur du COS et d'un tracé parcellaire bien précis.

Objectifs :

L'idée de traiter le présent thème est le fruit de cette nouvelle notion ambitieuse et assez récente relative à la volonté de faire intégrer la ville et l'acte urbain contemporain proprement dit dans le processus d'un développement durable dans sa dimension environnementale.

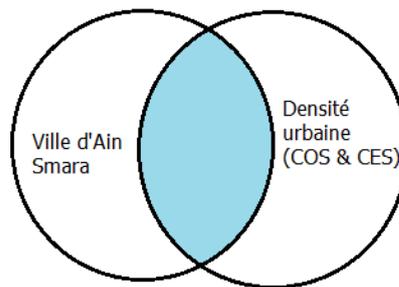
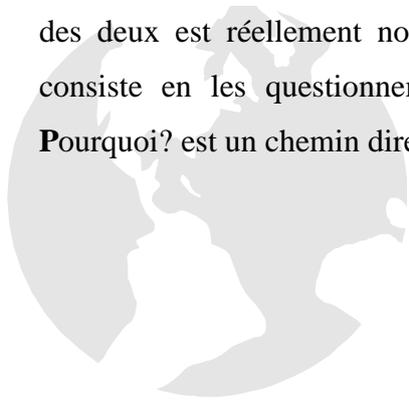
La réflexion sur l'urbanisme durable tentait toujours de rapprocher la question urbaine, et celle de l'environnement. Mais ces préoccupations étaient vues comme se faisant “ contrepoids ” les unes aux autres, la combinaison entre elles au sein d'un seul projet d'urbanisme n'est pas toujours facile. Ce travail vise la constitution d'une étape importante pour la mise en œuvre d'un « cadre d'action » pour un développement urbain durable en Algérie et précisément à la ville d'Ain Smara objet de cette recherche.

Définir une densité urbaine propre à la ville d'Ain Smara ou spécifique à une entité urbaine plus réduite en prenant en compte l'aspect climatique et microclimatique local et cela par la mise en place d'un nouvel indicateur morpho-climatique demeure en lui-même un but essentiel. Puis, cette recherche vise la contribution à sensibiliser les différents acteurs responsables de la production urbaine ainsi que le grand public de l'importance devant être attribuée à l'aspect climatique, microclimatique et bioclimatique dans le domaine de la conception des espaces urbains et des villes en général. Cette recherche vise également à atteindre un deuxième objectif qui est la mise en place d'une référence réglementaire locale qui aura comme objectif primordial le confort de l'utilisateur de l'espace public extérieur et par conséquent la revalorisation de l'espace urbain.

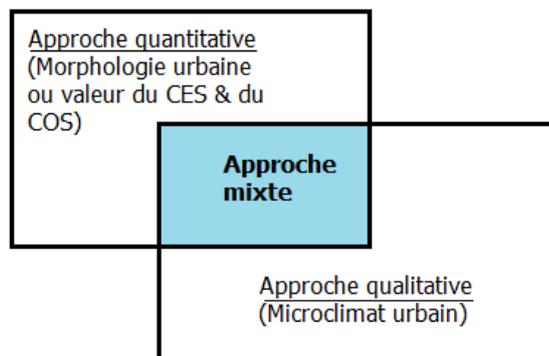
Méthodologie et structure de la recherche :

L'approche méthodologique a débuté tout d'abord par l'adoption de la stratégie de recherche documentaire adéquate afin d'aboutir à une meilleure méthodologie de recherche. L'objectif est de lier la richesse documentaire à la rigueur scientifique. De ce fait, la fiabilité des sources et des ressources fût l'objet d'une attention particulière.

Dans notre cas de recherche, il est utile de lier étroitement la thématique de la densité urbaine à celle du cas d'étude qui est la ville d'Ain Smara (Voir figure ci-dessous). Ainsi, il est important de ne pas s'étaler sur un sujet qui concerne particulièrement et uniquement cette ville, en même temps on doit impérativement éviter d'aborder le sujet de la densité urbaine dans son contexte le plus global qui est d'ailleurs vaste et divergent. Le champ de rencontre des deux est réellement notre sujet de recherche. La méthode intitulée " QQOQCP" qui consiste en les questionnements suivants : **Qui?**, **Quoi?**, **Quand?**, **Où?**, **Comment?** Et **Pourquoi?** est un chemin directe pour une recherche documentaire de qualité.



En ce qui concerne l'approche méthodologique de la présente recherche, elle consiste en une approche dite "MIXTE" (M. Assie Guy Roger et Kouassi Roland Raoul, 2012) qui rassemble les deux approches quantitative qui (dans notre cas d'étude) met le point sur les paramètres morphologiques notamment géométriques des tissus urbains quant à leurs densités évaluées sur la base du COS et du CES et qualitative consacrée à la dimension environnementale en l'occurrence climatique et microclimatiques (Voir figure ci-dessous).



Suite à quoi, la recherche est scindée en deux parties:

Une partie théorique issue d'une large recherche documentaire sur la thématique en question et composée de trois chapitres :

Chapitre I :

Consacré à des notions conceptuelles et règlementaires sur la densité urbaine. Cette dernière a été d'abord présentée et définie selon différentes disciplines. Ses volets urbains, morphologiques ont été également mis en évidence à travers des indicateurs statistiques avant de laisser le champ à une lecture détaillée de la réglementation urbaine Algérienne et sa propre vision sur la densité urbaine et ses aspects géométriques. Ce diagnostic dédié au règlement urbain et présenté sous forme d'interprétation des différents textes officiels a été consolidé par l'expérience personnelle d'abord mais également par une série d'interviews effectuées auprès des techniciens et des responsables du bureau des instruments d'urbanisme de la **Direction de l'Urbanisme et de la Construction (DUC)** de la wilaya de Constantine. L'adoption de l'interview au lieu du questionnaire favorise la discussion de certains détails et l'éclaircissement d'éventuelles ambiguïtés.

Chapitre II :

Une revue de littérature donnant un aperçu sur les recherches les plus récentes et les plus pertinentes relative à notre thématique de recherche fût présentée à travers ce chapitre.

Chapitre III :

Consacré au sujet de l'effet de la densité urbaine sur les paramètres microclimatiques. Une importance est donnée à l'impact environnemental global des densités urbaines, puis aux différents effets que peut avoir la forte densité urbaine sur le microclimat urbain en passant par la mise en valeur du phénomène de l'îlot de chaleur urbain.

Une partie pratique qui concerne les différents cas d'étude et composée de deux chapitres:

Chapitre IV :

Ce chapitre est dédié au cas d'étude de la présente recherche. Ainsi, une approche globale au niveau de l'ensemble de la ville d'Ain Smara où tous les îlots d'habitat individuel ont été investigués et dans lesquels les paramètres microclimatiques ont été évalués. L'outil d'analyse et d'investigation adopté est le système d'information géographique "SIG". Ce

dernier a été exploité principalement afin d'une analyse cartographique et thématique de la densité urbaine.

Ainsi a eu lieu une analyse morphologique urbaine suivie par une analyse microclimatique. Cette dernière est basée sur une investigation exhaustive où des mesures in-situ des différents paramètres microclimatiques à été menée en exploitant un "thermocouple". Les mesures des distances à savoir la hauteur des constructions et la largeur des rues ont été accomplis à l'aide d'un "disto-mètre". Les deux indicateurs de densité « CES » et « COS » ont été traités selon leur sens brut.

Chapitre V :

Au début de ce chapitre, fût menée une approche à une échelle plus réduite qui consiste en un lotissement promotionnel d'habitat individuel. A cette échelle également ont eu lieu deux types d'analyse ; Morphologique et microclimatique. Les deux indicateurs de densité « CES » et « COS » ont été pris en compte par leurs valeurs « moyenne nette ». Ensuite, la recherche s'est accentuée sur l'échelle de la parcelle de terrain en elle-même. L'exactitude à cette étape est à un mètre près. Cette dernière phase de la recherche a donné de l'importance à la construction telle qu'elle est implantée dans sa parcelle. La notion de densité est de ce fait « nette ». les outils de recherche adoptés pour cette phase de la recherche consiste toujours en le SIG pour l'analyse thématique du lotissement, le thermocouple pour les mesures des paramètres microclimatiques, le disto-mètre pour les distances en plus des deux programmes : Envimet4 et Rayman pour les simulations numériques.

« Là ou aucun système de planification ne fonctionne, l'urbanisation organique procède naturellement »... Mathieu Hélie



CHAPITRE I

La densité urbaine, compréhension conceptuelle et réglementaire



Introduction

En milieux urbains, notamment au niveau des grandes villes, s'articulent plusieurs paramètres liés à la forte urbanisation qui rendent toute approche ou recherche au sein de cet environnement complexe voire compliquée. Cette accélération de l'urbanisation liée sans doute à une population urbaine en perpétuelle croissance a généré une multitude de phénomènes propres aux agglomérations urbaines dont certains affectent considérablement et négativement la qualité de vie en ville comme il sera abordé ultérieurement.

Parmi les réalités perçues et vécues en ville et qui reflètent exactement l'impact d'une forte urbanisation, on constate à l'œil nu et sans avoir recours au début à n'importe quel moyen d'évaluation qu'il y a une assez forte densité. Cette dernière comme on la constate sur terrain est largement sentie par les habitants de la ville ou bien par une large tranche d'entre eux sans qu'ils puissent lui donner une dimension claire et précise. Certains l'expliquent par le rapprochement parfois exagéré des constructions les unes par rapport aux autres ce qui a causé un vis-à-vis flagrant au niveau des quartiers d'habitat individuel et même collectif, engendrant d'après leurs propos un sentiment d'absence d'intimité. D'autres parlent d'un manque d'ensoleillement causé soit par ce rapprochement lui-même, et donc le soleil se trouve caché par plusieurs obstacles qui ne sont autres que les maisons des voisins soit par la mauvaise orientation des constructions. De ce fait, parler de densité en ville nous ouvre plusieurs axes et également plusieurs façons de l'apercevoir et de l'évaluer. Densité de population, densité de constructions, densité d'activités et de services...etc.

La densité urbaine, est donc une problématique censée être récente, liée directement à une croissance permanente des villes et des populations de plus en plus urbanisées. Sa maîtrise met en place plusieurs enjeux, à savoir celui du foncier du point de vue coût et parfois rareté, ainsi que les nouveaux procédés du bâtiment, prenant en compte non seulement les paramètres techniques, mais également environnementaux et climatiques dans un contexte d'un développement durable qui ne cesse de préoccuper les différents acteurs du fait urbain. Ainsi, aborder l'évolution et les conditions d'apparition d'un concept tel que "la densité urbaine", nous incite à analyser l'essentiel d'une genèse de tout une réglementation urbaine, tout en s'accroissant sur la prise en compte de la relation densité urbaine/climat à travers les différents textes législatifs.

Ainsi, notre présente recherche est basée sur la définition d'abord de seuils de recherche liés notamment à la gestion et à l'exploitation de l'espace urbain. C'est pourquoi, on

a opté pour que l'ensemble de l'approche abordée soit dans un cadre réglementaire et ceci dans le but de se baser sur les outils réglementaires réels et significatifs de gestion et de contrôle dans le domaine de l'urbanisme qui intègre aussi bien l'aménagement urbain que les règles générales d'occupation des sols.

La densité urbaine sera donc largement expliquée au niveau de ce premier chapitre qui traite la dimension réglementaire de ce concept, toutefois, on cherche toujours à lier la notion de densité urbaine à la dimension environnementale voire microclimatique. En effet, une lecture minutieuse entre les lignes et un rapprochement utile entre les clauses et les alinéas des différents textes réglementaires urbains est indispensable afin d'une évaluation et surtout une interprétation juste et fiable de leur contenu. Pour cela, on a opté pour une série d'interviews auprès de plusieurs responsables de la direction de l'urbanisme et de la construction de la wilaya de Constantine afin d'offrir un support à notre constat basé essentiellement sur les expériences et les compétences de ceux ci qui sont les premiers responsables de l'application du règlement urbain Algérien. L'objectif est donc de cerner, définir et maîtriser la notion de densité afin de pouvoir fixer l'objectif d'un travail de terrain qui sera abordé au niveau des prochains chapitres.

I. Compréhension conceptuelle:

1. Définitions de la densité urbaine :

Le concept « densité », connaît plusieurs définitions qui diffèrent selon le domaine de recherche. Toutefois, on présentera ci après celles relatives directement à celui de l'urbanisme et on insistera particulièrement sur la notion de « densité urbaine » qui englobe inévitablement les domaines de l'urbanisme, de la démographie et des statistiques. Présentant ainsi plusieurs définitions, l'objectif est de cerner les différentes dimensions de la densité comme perçues par des chercheurs et des spécialistes, ainsi, on veillera à ne pas se perdre et d'éviter l'amalgame d'idées et de visions. On prévoit donc à l'avance que l'une de ces définitions voire même le mixage de plusieurs d'entre elles, nous mèneront à proposer notre propre identification de ce concept.

La notion de densité a toujours été centrale dans la pratique de la ville, elle joue un rôle important dans de nombreuses réglementations d'urbanisme, en particulier dans celles qui concernent les instruments d'aménagement et d'urbanisme (S. Hattab et M. Ziane, 2003).

Selon le dictionnaire **Le petit Larousse** (2012), et en plus des domaines de la physique et de la chimie, le terme densité est cité en tant qu'indice d'évaluation quantitative de la population : la densité de la population est définie donc comme étant « le nombre moyen d'habitants par unité de surface (hab/ha) ou (hab/Km²) ». De ce fait, et étant donné que l'habitant est toujours lié à son espace de vie qu'est le logement, la densité peut également être exprimée comme indice d'estimation quantitative de logements en définissant « le nombre moyen de logements toujours par unité de surface (logts/ha) ou (logts/Km²) » (Figure n°1).

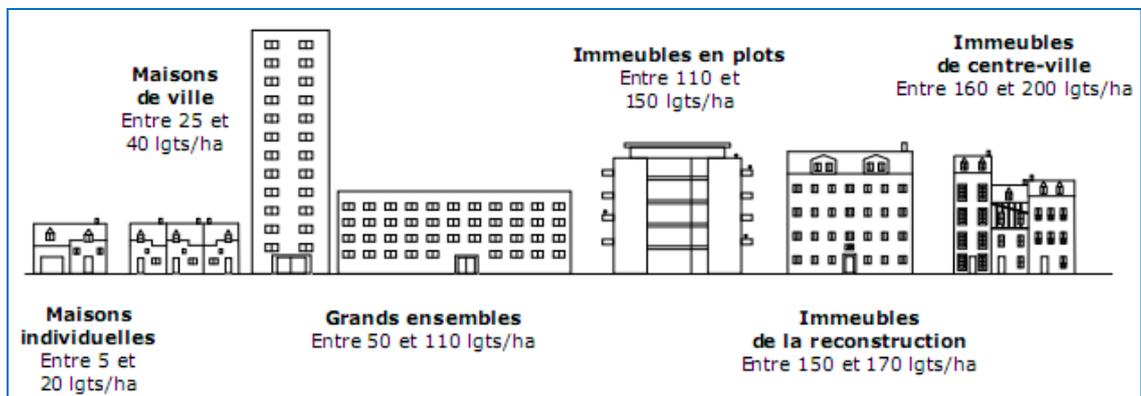


Figure n°1: Différentes densités urbaines selon le nombre de logements à l'hectare (logts/ha)
Source :Patrice Duny, 2008

Bernard Gautiez, (2003) a cité qu' : "On peut dire que le vide est creusé dans le plein du bâti. C'est d'un rapport de complémentarité essentiellement entre espace privé bâti et espace libre public que le rapport plein vide instaure des rythmes dans l'espace urbain" Certaines recherches également entendent par densité du plan bâti le pourcentage d'occupation au sol ou rapport bâti non bâti (**Aida, M. et Goth, K, 1982**). (Figure n°2). La densité urbaine est aussi définie comme étant « un caractère de ce qui présente une certaine épaisseur ou une certaine compacité » (**A.B Nawel, 2006**).



Figure n°2: Deux lectures de densités urbaines selon le rapport plein/vide au niveau de deux structures urbaines différentes régulière et irrégulière
Source : Limor Shashua-Bar et Milo E. Hoffman, 2004

Selon **Vicky Cheng et al (2006)**, la densité peut être examinée de diverses méthodes, entre autres, il a précisé que la densité urbaine est souvent traduite par le rapport plein/vide, et de ce fait, il définit trois classes de densité selon le résultat de son rapport : (1.4) Pour une densité faible, (3.6) et (7.2) respectivement pour indiquer les densités moyenne et forte.

Toutefois, **Eric Charmes (2010)**, a bien avancé qu'il ne faut pas tomber dans l'erreur de réduire l'enjeu de la densité à un problème architectural. Dans son ouvrage: "Etudes Foncières", **Vincent Fouchier (2011)**, qui est Directeur Général Adjoint de l'Institut d'Aménagement et d'urbanisme de l'Ile-de-France, indique à son tour que la densité n'a pas de valeur pour elle-même ; c'est par ses interdépendances qu'elle peut devenir attrayante. Selon ses propos , « l'intensification » ne passe pas nécessairement par une densification du bâti. Intensifier, c'est utiliser mieux et davantage les espaces urbains existants, qui ne sont pas assez souvent utilisés par rapport à leurs potentiels. C'est aussi donner plus de destinations, plus d'occasions de croisement et plus de possibilités d'activité.

Dans un autre ouvrage de V. Fouchier, on évoque l'idée de **Bernard Gautiez (1997)** sur la notion de « densité du contenant » qui concerne les constructions et la « densité du

contenu » qui s'intéresse à la population. Fouchier estime que les deux densités doivent être mises en valeur simultanément.

Cependant, la relation qui combine l'ensemble de ces façons de percevoir, de lire et de définir la densité urbaine reste assez flexible. L'approche de chacun et sa propre vision engendrent des résultats souvent très variés notamment du point de vue « formes urbaines ». Ainsi, on peut arriver à différentes formes urbaines avec la même densité de population et de logements (Vincent Fouchier, 1997). (Figure n°3)

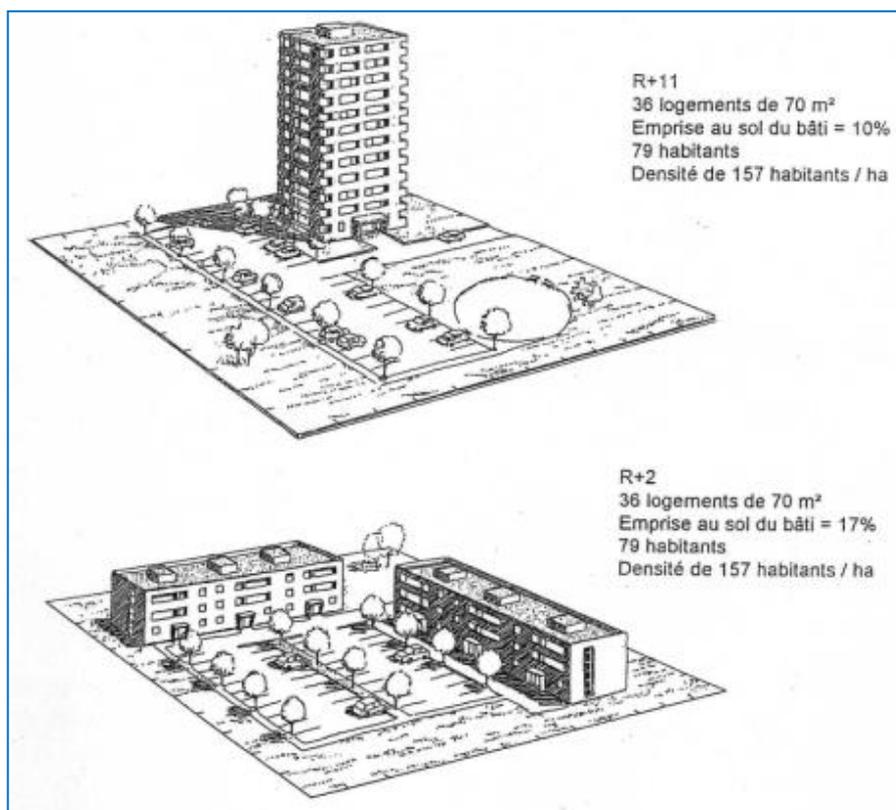


Figure n°3: Différentes formes urbaines avec la même densité de population et de logements

Source : V. Fouchier, 1997

2. La densité urbaine dans le contexte morphologique :

La morphologie urbaine étudie les formes et les caractéristiques de la ville y compris la voirie, le parcellaire, le découpage du sol, mais aussi les densités. Autrement dit, elle nous inspire les notions de trame urbaine et de plan masse (Julien Bouyer, 2009).

Elle se définit aussi selon les chercheurs du "Centre Des Etudes Architecturales Et Urbaines De Cambridge" comme l'association de la forme tridimensionnelle d'un groupe de bâtiments, de son étalement et de la volumétrie des espaces extérieurs qu'il crée (Nikolopoulou. M, 2004). La morphologie urbaine est donc l'étude de la forme physique de la ville, de la constitution progressive de son tissu urbain et des rapports réciproques des

éléments de ce tissu qui définissent des combinaisons particulières, des figures urbaines (rues, places et autres espaces publics...). Cette réalité complexe réalisable à différents niveaux d'échelle et de points de vue, traverse les cloisonnements disciplinaires. Elle est partagée entre plusieurs savoirs. Par ses aspects théoriques, elle se rattache à la géographie urbaine, à l'histoire et à l'architecture. Sous ses formes appliquées, elle est une composante importante de l'urbanisme, mais relève à la fois de l'aménagement urbain et de la composition urbaine (**Rémy Allain, 2005**).

En ce qui concerne l'intérêt que procure l'approche morphologique dans l'analyse urbaine d'une ville ou un fragment urbain de celle-ci, l'ensemble des intervenants concernés se sont mi d'accord sur une réalité expérimentée et prouvée qui est : moins la ville est dense, plus la consommation énergétique par tête pour les transports est élevée. Dans le contexte actuel de raréfaction de ressources et de changement climatique, cette étude a ouvert la voie à de nombreux travaux qui traitent en particulier l'impact de la morphologie urbaine sur le comportement énergétique des villes (**Julien Bouyer, 2009**).

3. La densité dans le contexte global de planification urbaine:

La planification est un outil majeur de l'aménagement du territoire et d'application du droit des sols. Les instruments d'urbanisme tels que le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) et le plan d'occupation au sol (POS) (Voir détails du PDAU et du POS en annexe n°2), ou les cartes communales diverses doivent intégrer les éléments liés aux enjeux de préservation du foncier et à la mesure de la consommation d'espace. Le processus d'urbanisation conduit à une diminution de la densité des zones centrales urbanisées du fait d'une extension spatiale rapide (**Agence Européenne pour l'Environnement, 2006**). Les zones d'urbanisation peu denses en périphérie, s'accompagnent donc d'une diminution de la population au centre-ville. Ceci dit que l'étalement urbain n'est pas la croissance urbaine, et de ce fait, la faible ou la forte densité du bâti vécu ou perçue ne donne pas selon cette logique urbaine une lecture exacte de la réalité démographique. .

D'autres part, et comme l'habitat est la composante majeure de l'étalement urbain, il se trouve que l'habitat individuel représente au niveau national plus de 50 % des surfaces réservées à l'habitat (**Kahal Kamel, 2006**) d'où la nécessité de mettre la gestion de sa densité en exergue. La lutte contre l'étalement urbain ne signifie pas de renoncer à la production de logements, elle implique par contre de produire des logements selon un modèle différent du système pavillonnaire. Le nouveau système devra assurer les volets esthétique et cohérence du cadre bâti en optant pour une densité urbaine réfléchie et fondée et cela se fait impérativement

par une politique efficace de gestion des sols qui repose à son tour sur des outils réglementaires (**Bezghiche Boubakeur, 2008**).

4. La densité à l'échelle urbaine:

4.1.Densité et formes urbaines

La réduction du foncier affecté au logement conduit à une plus forte densité de logements à l'hectare, ce qui est souvent mal perçu en zone rurale. En réalité, les zones anciennes des communes sont relativement denses, et souvent plus denses que les extensions pavillonnaires récentes. D'autre part le cachet « rural » des communes fréquemment cité pour justifier des extensions pavillonnaires peu denses est en réalité lié à d'autres critères que la seule densité et dépend plus des « formes urbaines » utilisées : volumes, hauteurs, positionnement par rapport à la voirie....etc. En effet, il est parfois difficile de distinguer à vue d'œil la typologie de constructions ayant pratiquement la même densité traduite par des formes urbaines différentes à l'exemple de l'habitat individuel, semi collectif voire même le petit collectif (**Géraldine Saint Jean et Ingrid Haute-feuille, 2009**). La densité seule ne peut donc suffire pour qualifier un espace bâti et un territoire plus densément construit n'est pas nécessairement moins agréable à vivre ou nécessairement occupé par des logements collectifs, enfin, il n'existe pas de rapport entre la densité et la typologie d'habitat (**Jean.Charles-Castel et Laure.Der-Madirossian, 2010**). Tout dépend de la manière dont cette densité est traduite et concrétisée.

4.2.Le tissu urbain entre : densité perçue et densité vécue :

Le tissu urbain est le niveau à travers lequel une formation urbaine se manifeste. Il est l'ensemble des éléments physiques qui font système (réseaux viaires, parcellaire, bâti, vides urbains, site) (**Rémy Allain, 2005**). Du point de vue "densité", il est bien connu dans le domaine d'étude de la croissance des villes et cela à travers l'histoire, que la densification des centres urbains est favorisée par des barrières successives. Les villes ne franchissent ses limites qu'après saturation de son tissu. La conséquence de ce phénomène se traduit par la constitution d'un noyau qui atteint une densité élevée. Au contraire, l'absence de limites fortes favorise une extension horizontale à densité plus faible (**Philippe Panerai, 2009**).

Parler d'une ville, c'est aussi évoquer ses paysages. Ils sont des éléments essentiels de sa personnalité et contribuent à son atmosphère. Mais dès qu'une compréhension précise des éléments s'impose c'est de formes urbaines qu'il s'agit. D'autre part, le paysage est une notion ambiguë qui désigne à la fois une réalité et la perception de cette réalité. Il concerne une

échelle intermédiaire entre les plans lointains (panoramas) et les plans proches. **J-P. Deffrontaines et J. Tricart (1961)** le définissent comme une portion du territoire vue par un observateur où s'inscrit une combinaison de faits et des interactions dont on ne perçoit à un moment donné que le résultat global. C'est une réalité, qui reflète un système spatial et qui n'est pas seulement rural ou naturel, mais aussi de plus en plus urbain. A cet effet, et parmi les détails urbanistiques généralement perçus figurent : les creux dans la continuité de la forme bâtie (**Philippe Panerai, 2009**). De son côté, Pierre Lavedo (**Cité par Philippe Panerai, 2009**), dans plusieurs de ses ouvrages, et malgré qu'il est un historien qui s'intéresse à la géographie des villes, a présenté ses propres observations sur la ville en descendant à un niveau de description plus moléculaire en abordant donc la notion de "l'espace libre/surface bâtie" désignant ainsi la densité urbaine.

D'un autre côté, et pour répondre correctement aux attentes de la population en matière de qualité de vie tout en répondant à ces exigences de densité, il est aussi indispensable de tenir compte de la densité perçue, souvent différente de la densité réelle. Ainsi les grands ensembles collectifs sont souvent perçus comme la caricature d'une forte densité de logements. En réalité, ce type d'aménagement urbain est peu dense ; les centres bourgs sont plus densément bâtis, comme l'illustre le schéma suivant (Figure n°4) :

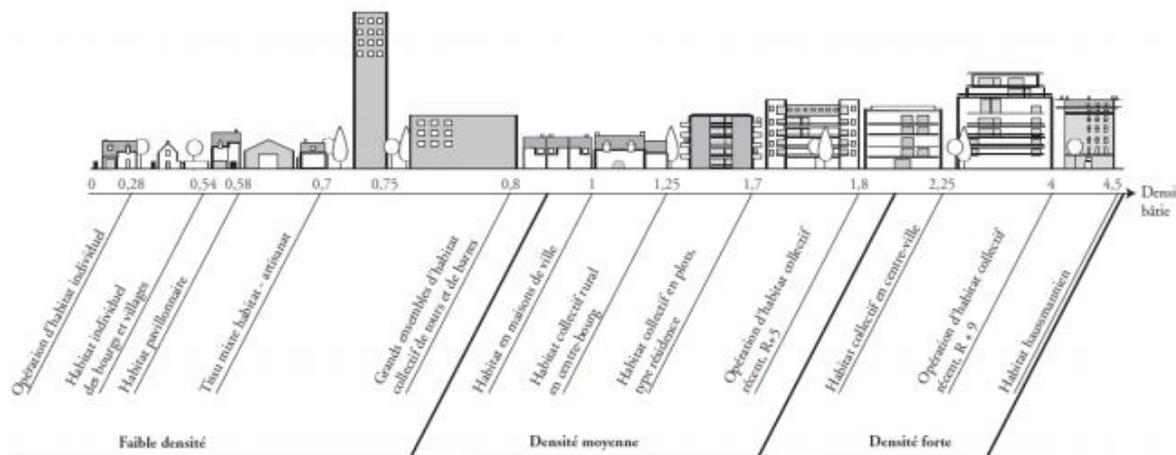


Figure n°4 : Typologie du bâti et densité nette.
Source : Moulinie C. Naudin-A. 2005

Dans ce même esprit, **V. Fouchier (1997)**, a illustré la notion de « densité végétale » avec une parcelle type dont on fait varier les caractéristiques de la végétation seulement. L'emprise du bâti et sa hauteur sont restées constantes. Ce qui fait varier considérablement la perception des usagers vis-à-vis de la densité urbaine (Figure n°5). Enfin, certains affirment toutefois que ce qui va à priori primer dans le regard que l'on jette sur la ville c'est la densité de celle-ci et la continuité/contiguïté de son cadre bâti (**Philippe Panerai, 2009**).

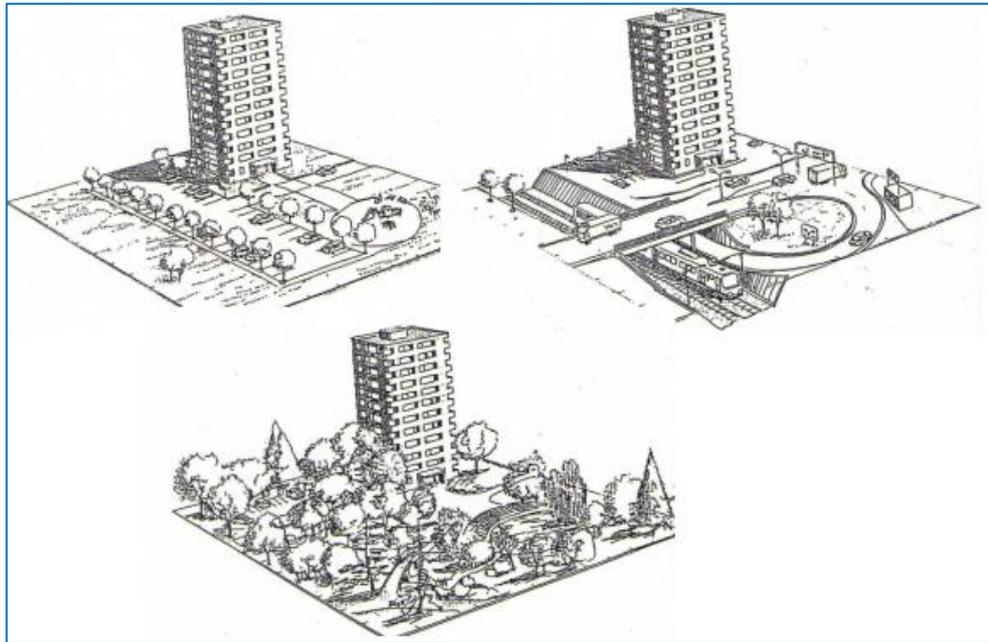


Figure n°5: Exemple de la densité urbaine existante et perçue comme illustrée par V. Fouchier
 Source : V. Fouchier, 1997

5. Indicateurs morphologiques de densité urbaine :

5.1. Rugosité urbaine :

Adolphe,L. (1999) a défini la rugosité urbaine comme étant caractérisée par la hauteur moyenne de la canopée urbaine, constituée par les surfaces bâties, les surfaces végétales verticales et horizontales, et les surfaces non bâties. La rugosité fait varier l'intensité des forces de friction auxquelles le vent est exposé. Ces forces sont dues essentiellement à l'action du substratum défini par les aménagements urbains et la nature des surfaces (Figure n°6).

La rugosité urbaine, est aussi définie par un indice dit « de rugosité », qui diffère d'une zone à une autre selon l'importance du nombre de constructions et d'habitants. Cet indice est utilisé par certains climatologues en calculant la vitesse du vent à une zone quelconque. Pour cela, ces derniers calculent d'abord la variation de cette vitesse avec l'équation suivante: (**Gendemer. Jacques et Guyot.Alain, 1981**) (Tableau n°1 et Figure n°7):

$$V = K \times V(\text{ref}) \times \log \frac{Z}{Z_0} = C \times V(\text{ref}) \dots \dots \dots \text{(Equ n°1)}$$

La valeur obtenue est ensuite additionnée à la vitesse de l'air mesurée par la station météorologique de la même zone où:

- K: Coefficient fonction de la rugosité.
- Z : Hauteur concernée.

- Z_0 : Paramètre de rugosité.
- V (ref) : Vitesse moyenne mesurée par la station météo.
- C : Coefficient de hauteur et de rugosité.

Classe de rugosité	1	2	3	4	5
Z_0 (m)	0,005	0,07	0,03	1	2,5
K	0,166	0,202	0,234	0,266	0,292

Tableau n°1: Caractéristiques des différents types de rugosité
Source : Gendemer. Jacques et Guyot.Alain, 1981

Variation des coefficients K et Z_0 selon les classes de rugosité ci-dessous désignées :

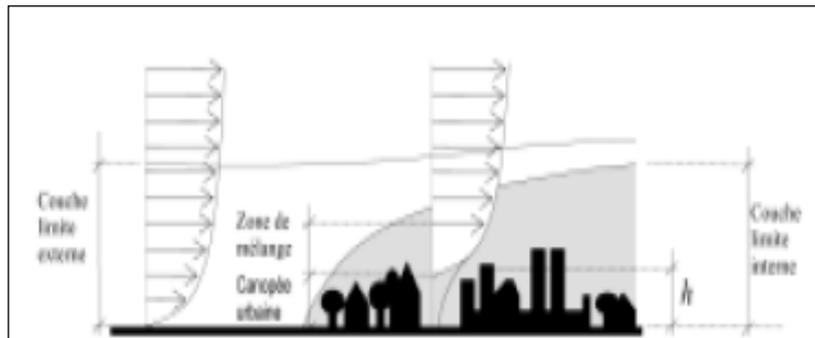


Figure n°6 : Variation de la vitesse du vent entre la ville et ses alentours (la campagne)
Source : Rafik BELARBI, Emmanuel Bozonnet et Francis Allard,2002

- **Différentes classes de rugosité : (Gendemer. Jacques et Guyot.Alain,1981)**

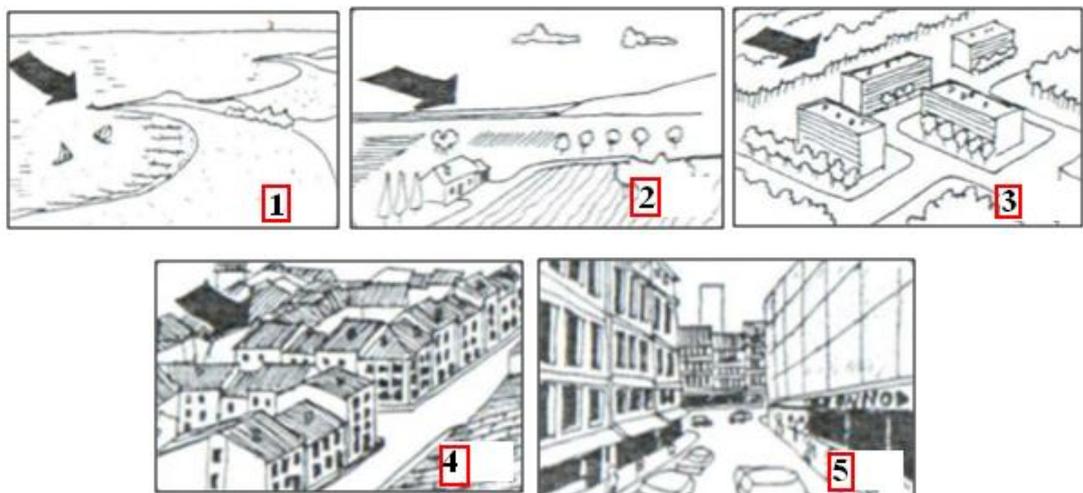


Figure n°7: Les cinq classes de rugosité

Source : Gandemer Jacques et Guyot Alain,1981

Classe1 : Océan & Grand lac, **Classe2** : Rase campagne, **Classe3** : Banlieue, **Classe4** : Zone urbaine, **Classe5** : Centre d'une grande ville

5.2. Compacité urbaine :

L'indicateur de compacité évalue la surface de l'enveloppe extérieure d'un bâtiment qui est exposée aux effets climatiques extérieurs. Nous allons calculer deux indicateurs pour

la caractériser : la compacité utile et la compacité nette. L'indicateur de compacité utile "Cut" exprime la valeur de la surface d'échange de l'enveloppe des bâtiments rapportée au m² de plancher. Il peut prendre des valeurs comprises entre 0.5 et 1.3 pour des configurations courantes de bâtiments. La surface d'enveloppe est constituée des façades verticales exposées aux conditions extérieures. Plus "Cut" est faible, plus les constructions sont compactes et donc moins elles subissent les effets externes (**Adolphe, 2001**). La compacité sera calculée pour chaque bâtiment du quartier. Dans une étape suivante, la compacité du quartier sera la valeur moyenne des compacités calculées.

Son évaluation est également une mesure de la surface d'échange entre l'intérieur et l'environnement extérieur (**Traisnel, 1986**) . Elle se calcule comme suit:

$$Cut = \sum_i^N \frac{A_{ext,i}}{S_{pl,i}} \dots \dots \dots \text{(Equ n°2)}$$

5.3. Porosité urbaine :

La porosité d'un quartier urbain est traduite par le rapport des volumes utiles ouverts à l'ensemble des volumes du tissu urbain considéré. Son ordre de grandeur est entre 5% et 50% avec 35% comme valeur moyenne. Les valeurs de référence sont très variées en fonction du tissu urbain. Les centres historiques peuvent être caractérisés par une très faible porosité (≤ 10%) alors que les quartiers urbains récents et les villes coloniales ont une porosité élevée (≥ 35%). La porosité est calculée avec l'équation suivante :

$$P = \frac{\sum_i \pi r_{h,i}^2 h_i L_i}{\sum_i V_i + \sum_j V_j} \dots \dots \dots \text{(Equ n°3) (L. Adolphe, 2002)}$$

Avec :

- **L_i** : La longueur de l'espace ouvert i
- **r_{h,i}** : Le rayon hydraulique de l'espace ouvert i
- **V_j** : Le volume moyen de l'espace bâti j
- **V_i** : Le volume moyen d'un espace ouvert i

Le r_{h,i} est calculée en utilisant l'équation suivante :

$$r_{h,i} = \frac{hl}{h+l} \dots \dots \dots \text{(Equ n°4)}$$

h : Est la hauteur de la canopée dans la rue considérée (hauteur moyenne des bâtiments qui la bordent)

I : Est la largeur moyenne de la rue.

5.4. Sinuosité urbaine

La Sinuosité relative à une direction donnée est définie par Adolphe L (2001) comme étant égale à la somme des longueurs des segments de rue pondérée par un coefficient caractéristique de l'angle entre la direction de la rue et cette direction. L'avantage de ce paramètre pour caractériser les phénomènes aérauliques vient de la simplicité d'évaluation dans un SIG, capable de différencier par exemple une rue, d'un espace fermé ou d'un fond de cour (Adolphe L, 2001). Elle se calcule par l'équation suivante :

$$S\theta = \frac{\sum_{seg\ rues} \cos^2(\theta_i) \times L_i}{\sum_{seg\ rues} L_i} \dots\dots\dots (Equ\ n^{\circ}5)$$

L_i : Longueur du segment de rue i

θ : Angle entre la direction considérée et la direction de l'axe du segment de rue i.

5.5. Rapport H/L (A savoir : H; hauteur de la construction/ L; Largeur de la rue)

Plusieurs recherches considèrent le ratio H/L comme l'unité structurelle de base d'une entité urbaine. Un choix judicieux de ce rapport permet de contrôler l'assemblage des bâtiments. Pour décrire une entité urbaine, **Arnfield et T.R. Oke, (1987)** et d'autres chercheurs rapportent que le profil de la rue a été identifié comme étant le paramètre le plus pertinent. Ils définissent également le prospect comme étant le rapport de la hauteur moyenne des bâtiments d'une rue par sa largeur.

Selon **Fazia Ali_Toudert (1999)**, pour un espace de forme urbaine hétérogène, la plus petite largeur entre les bâtiments doit être considérée. Le prospect moyen permet de caractériser l'ensoleillement et les flux lumineux disponibles et des effets d'ombrage au sein d'un tissu hétérogène donné (**Arnfield et T.R. Oke, 1987**). (Figures n°8 et 9).

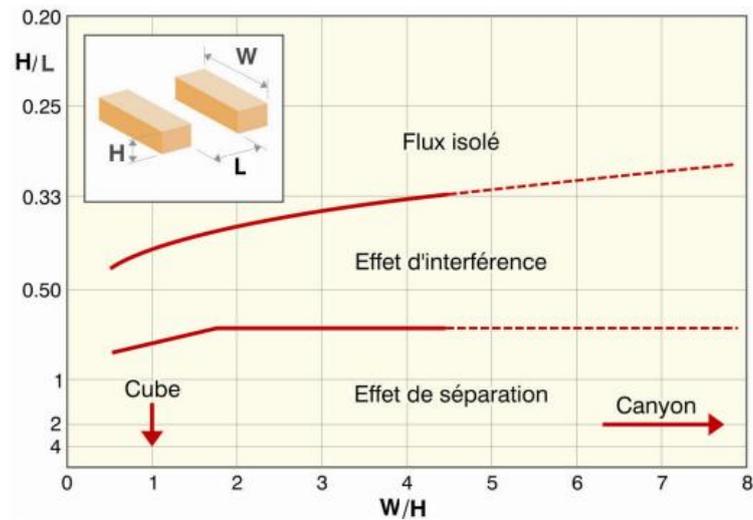


Figure n°8: Dimensions d'une rue ;
H : hauteur des constructions & L ; largeur de la rue
Source : T.R. Oke, 1988

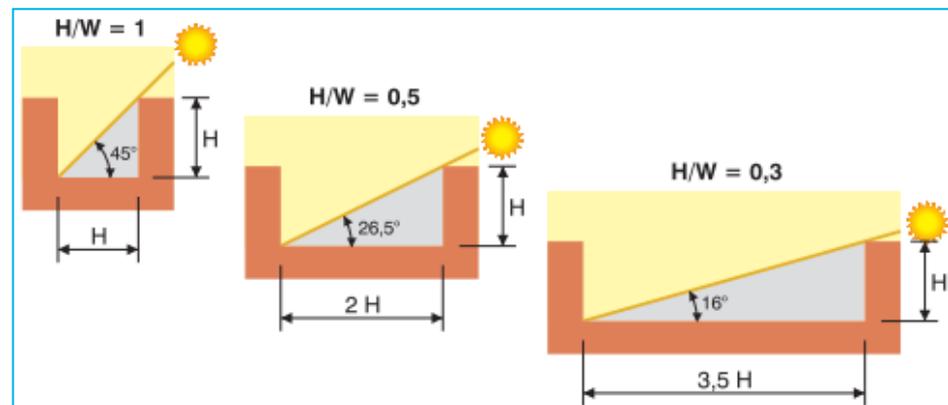


Figure n°9: Variation de l'accès du soleil et de l'effet d'ombre
selon les différentes valeurs du rapport H/L
Source : S. Reiter, 2007

5.6. SVF (Facteur de visibilité du ciel)

Le facteur de visibilité du ciel, en anglais (Sky View Factor ou SVF), est un paramètre sans dimension qui correspond à l'angle solide sous lequel le ciel est vu d'un certain point. Il dépend du rapport géométrique des surfaces et varie en fonction de dimensions urbaines : hauteurs des constructions, distance entre les façades (**T.R. Oke, 1988**) (Figure n°10). Selon **Grimmond (2001)** et **K. Aït-Ameur (2002)**, le facteur de visibilité du ciel peut être élaboré par un procédé photographique. Le dispositif est constitué par un appareil photo numérique couplé à un objectif fish-eye (Figure n°11). Le SVF permet d'évaluer en particulier la durée d'ensoleillement et l'intensité des rayons solaires affectant aussi bien les façades que les espaces publics.

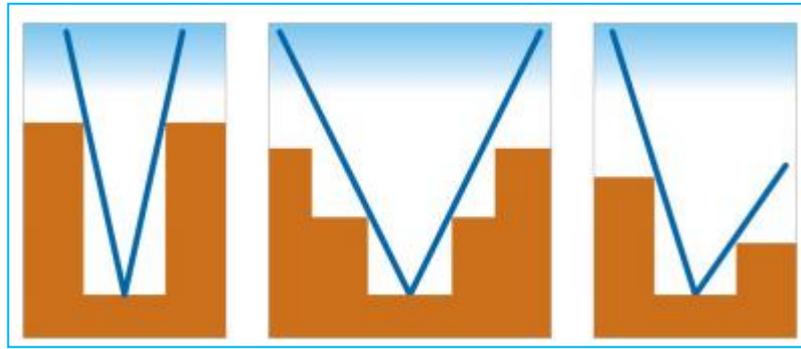


Figure n°10 : Exemples de trois configurations différentes du SVF
 Source : Source : S. Reiter, 2007



(A) (B) (C)
Figure n°11: Exemples de photos « FishEye » qui aident au calcul du SVF
 (A): SVF=0.23 , (B) : SVF= 0.12, (C) : SVF= 0.56
 Source : F. Boucheriba, 2003

5.7. Silhouette urbaine :

La silhouette de la ville ou « Skyline », est selon Rémy Allain la représentation en coupe du volume urbain de la ville (Figure n°12). A plus grande échelle, on parle de « profil urbain » (Figures n°12 et 13) ou de « lignes de toits ». Les silhouettes des villes, sont révélatrices des types de sociétés, de leurs traditions et de leurs règlements (**Rémy Allain, 2005**).

L'enveloppe générale de la ville est perçue à travers la densité de son cadre bâti ainsi que le gabarit des immeubles qu'elle contient à l'exemple de la ville de New York (Figure n°12). Ces deux paramètres contribuent ensemble à dessiner la silhouette urbaine qui est en elle-même un outil très important dans l'analyse urbaine d'une ville. La lecture d'une silhouette urbaine est en mesure d'indiquer s'il s'agit bien d'un tissu urbain dense voire un centre ville, ou d'un site périurbain à densité faible à titre d'exemple.

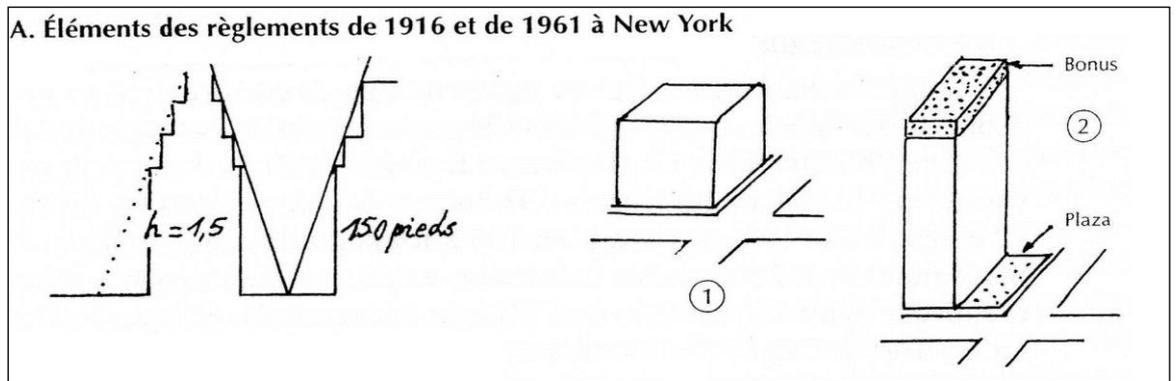


Figure °12: Exemple de la densité à New-York entre 1916 et 1961
 Source : Rémy Allain, 2004

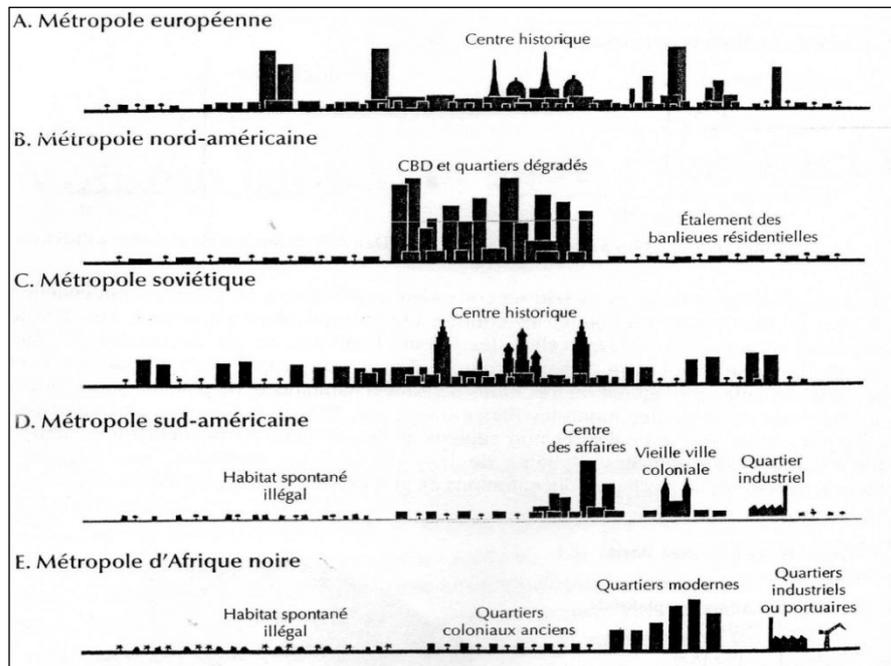


Figure n°13: Schématisation de la densité urbaine à travers la silhouette
 Source: Rémy Allain, 2004

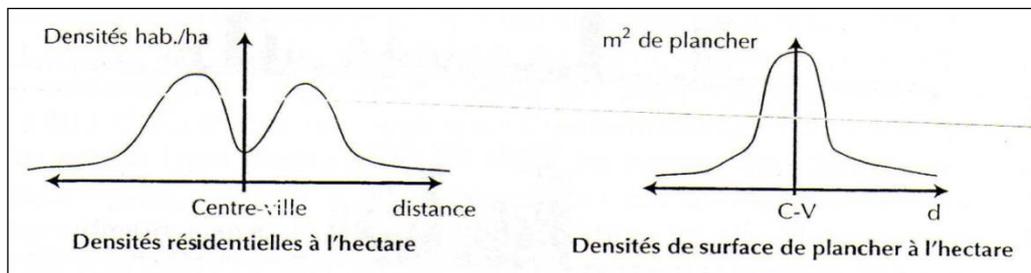


Figure n°14: Graphes montrant le profil de densité entre le centre et la périphérie
 Source: Rémy Allain, 2004

II. Compréhension réglementaire:

1. Les indicateurs de densité selon la réglementation urbaine Algérienne:

Suite aux différentes dispositions du règlement algérien en vigueur en matière d'urbanisme, il s'avère que le Coefficient d'Occupation du Sol (COS) et le Coefficient d'Emprise au Sol (CES) sont d'une grande importance quand à l'évaluation et la maîtrise de la densité urbaine, suite à quoi, il est indispensable de les définir, les interpréter et les évaluer. Ainsi, selon les différents textes réglementaires, en particulier le décret exécutif n°91-175 du 28 mai 1991 relatif à l'aménagement et à l'urbanisme, dans son article n°26, on définit la densité des constructions comme étant le rapport entre la surface plancher hors œuvre nette et la surface de la parcelle, ce rapport appelé aussi "Coefficient d'occupation au sol ou COS", est estimé égale à "1" pour les constructions situées sur les parties urbanisées des communes (**Décret exécutif n°91-175 du 28 mai 1991**). Or, et bien que cette définition demeure assez significative notamment en indiquant une autre dimension de la densité urbaine, mettant en place une vision sur la hauteur des constructions à bâtir, il reste inexplicé de le fixer à "1" d'une façon quasiment standard.

En s'appuyant toujours sur les différentes clauses de la réglementation algérienne en vigueur, et selon le Décret exécutif n°91-177 du 28/05/1991 modifié et complété dans son article 17 du chapitre III, il est clairement précisé que « Le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme se compose d'un règlement qui fixe la densité générale exprimée par le coefficient d'occupation du sol » (**Décret exécutif n°91-177 du 28/05/1991**).

1.1. Le COS et le CES ; Deux indicateurs de densité ?

Le COS et le CES, avant d'être deux indicateurs de densités selon la réglementation algérienne en vigueur, sont considérés comme des droits à construire. Le Décret exécutif n°91-178 du 28/05/1991 modifié et complété, dans son article 18 du chapitre III, indique que « Le plan d'occupation des sols se traduit par un règlement qui contient entre autres la partie de règles fixant pour chaque zone homogène les droits de construire attachés à la propriété du sol exprimés par le coefficient d'occupation du sol (COS) ainsi que le coefficient d'emprise au sol (CES) (**Décret exécutif n°91-178 du 28/05/1991**).

1.2. Le "COS" : indicateur de densité verticale:

Le premier facteur qui a poussé le développement de cette notion de verticalité et par conséquent passer à des étages supérieurs, est l'apparition de l'ascenseur en 1853 (**Rémy Allain, 2005**). Les structures métalliques ainsi que la redécouverte du béton armé et

précontraint a encore encouragé une verticalité progressante de plus en plus, et le monde a connu les grattes ciel dont l'invention a été lié à William Le Baron Jenney en construisant à Chicago un immeuble à 11 étages (Figure n°15). Néanmoins, certaines contraintes telles que la pression du vent a toujours été une préoccupation majeure des concepteurs des grattes ciels.

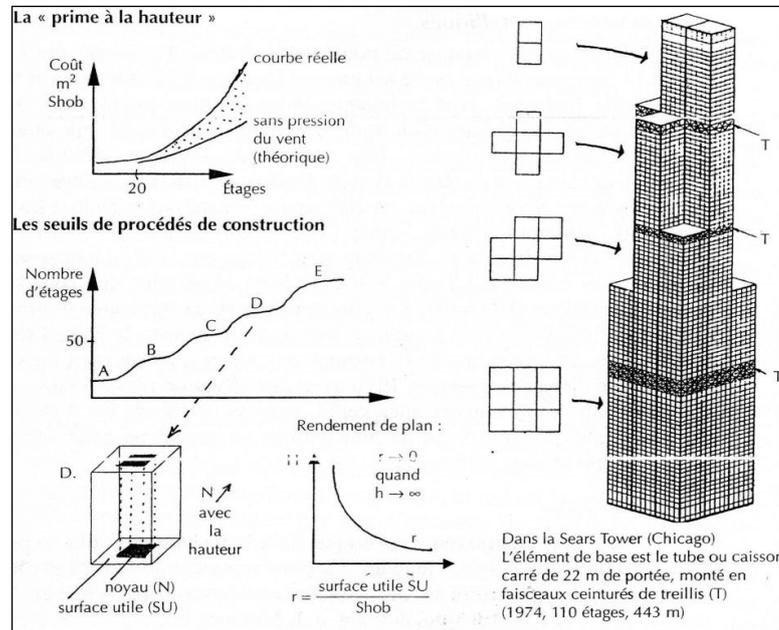


Figure °15: Densification en hauteur avec l'apparition des grattes ciels
Source : Rémy Allain, 2004

Le COS, est un indice de verticalité. Cette verticalité dite aussi "verticalisation" selon certains est la forme la plus visible de l'occupation du sol urbain. Mais celle-ci peut prendre d'autres formes plus masquées désignées par l'expression "densification en profondeur" ou bien "densification en hauteur" telle que les parkings et les galeries commerciales souterraines.

Parmi les règles d'urbanisme gouvernant l'espace urbain, le coefficient d'occupation du sol (COS) est un indicateur synthétique et révélateur de nombreuses caractéristiques urbaines qui lui sont corrélées. Il peut être utilisé pour la ville, le quartier, l'îlots ou l'immeuble. Selon certaines recherches, Le COS donne des résultats plus précis que l'échelle de densité (Nbre.logt/ha) et influe sur la composition morphologique du tissu urbain, particulièrement les unités d'habitations, il détermine, de ce fait, le droit de construire (**S. Hattab & M. Ziane, 2003**).

La verticalisation dans le domaine de l'acte urbain, est un événement du XIX e siècle. Il coïncide avec une mutation fondamentale des économies et la généralisation d'une innovation architecturale complexe (**Rémy Allain, 2005**). Cependant, il existe actuellement

deux facteurs essentiels qui poussent à opter pour une verticalité franche au niveau des centres villes à savoir:

- Élévation du cout du foncier au niveau des centres urbains
- Renforcement du processus de métropolisation
- Réduire l'intensité du phénomène de l'étalement urbain

Tout P.O.S* définit avec précision le coefficient d'occupation du sol de chaque zone. Le coefficient d'occupation du sol (C.O.S) est le rapport de la somme des surfaces hors œuvre des planchers à la surface foncière (Figure n°16).

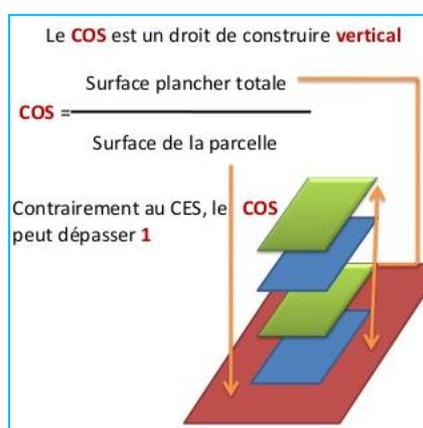


Figure n°16: Vue en coupe schématisant la méthode de calcul du COS
Source: K. Benaфра, 2009

Selon les dispositions du règlement urbain en vigueur, lors du calcul de la surface planchers, il faut déduire (**Décret exécutif 91-178 du 28 Mai 1991**):

- Les surfaces des combles et des sous sols non aménageables pour l'habitat ou d'autres activités
- Les surfaces planchers des toitures, de balcons, des loggias et les surfaces non closes situées au Rez-de-chaussée.
- La surface des planchers des bâtiments ou des parties de bâtiments aménagées en vue de stationnement des véhicules.
- Les surfaces des planchers des bâtiments affectés aux récoltes, animaux, matériels agricoles ainsi que les surfaces des serres de production.
- Les buanderies ainsi que les caves (Figure n°17).

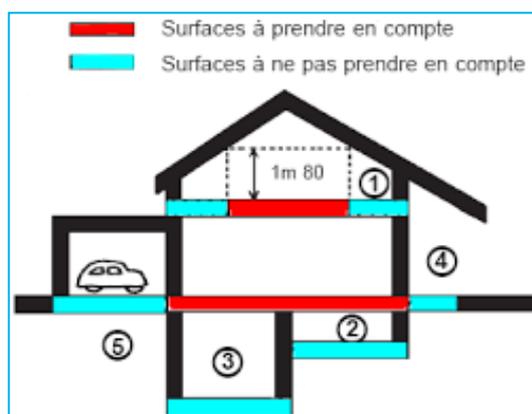


Figure n°17 : Surfaces à prendre en compte pour le calcul du COS
Source : Stéphane Robert, 2010

Ainsi, le COS fixe, en fonction de la zone dans laquelle il se trouve, la quantité de surface des planchers constructibles par rapport à la surface du terrain. Il définit ainsi la densité des constructions en permettant aux constructeurs ou aux propriétaires de connaître ce qu'ils peuvent bâtir de ce qu'ils peuvent laisser comme espace libre. Par exemple, lorsque le COS est de 2 ou 2.5 pour une parcelle de 140 m², cela signifie que le constructeur ne peut bâtir que deux fois ou deux fois et demie la surface de la parcelle. Il est donc un indicateur de l'état de la consommation ou de la desserte de l'espace occupé (S. Hattab & M. Ziane , 2003).

Enfin, il est à noter que l'outil de contrôle de la densité le plus connu est le Coefficient d'Occupation des Sols "COS" (David Gueranger et al, 2009). Cependant, il a subi de nombreuses critiques ces dernières années, car il ne permet pas selon plusieurs propos une parfaite maîtrise qualitative des formes bâties (Sylvain Pérignon , 2012) (Figure n°18).

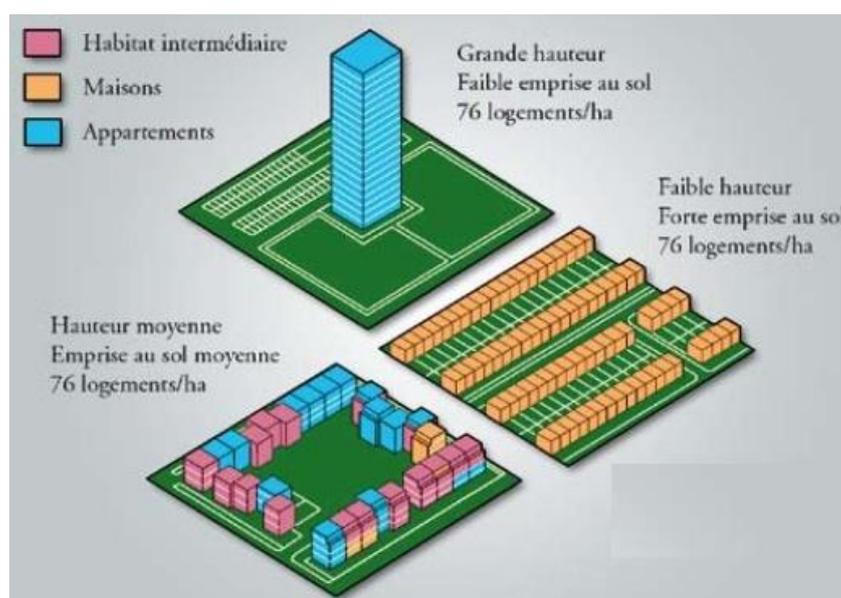


Figure n°18: Vue en 3D représentant trois formes urbaines différentes
Source: Rémy Allain, 2004

1.3. Le « CES » : Indicateurs de densité horizontale:

Le coefficient d'emprise au sol (CES), ne s'évalue qu'à travers une lecture sur plan c'est-à-dire en deux dimensions. De ce fait, l'emprise au sol du cadre bâti est fixée et définie par la valeur de ce coefficient qui est le rapport entre la surface bâtie au sol hors œuvre et la surface foncière (Figure n°19). Ainsi, Le CES est un coefficient fourni par l'administration compétente afin de définir la surface constructible de chaque parcelle ou plutôt l'impact en termes de surface. Il indique donc la surface au sol qui peut être couverte par la construction (Stéphane Robert, 2010).

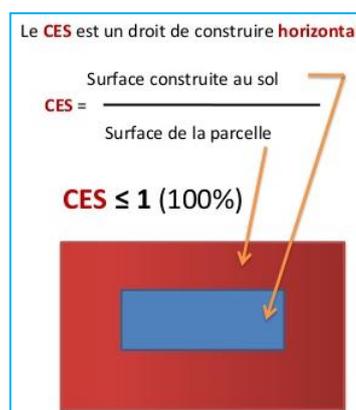


Figure n°19: Vue en plan schématisant la méthode de calcul du CES
Source: K. Benafra, 2009

1.4. Rapport règlementaire entre le CES et le COS:

Au niveau des services de l'urbanisme compétents, en prenant en considération le fait qu'il y a une relation directe entre le coefficient d'occupation au sol (COS) et le coefficient d'emprise au sol (CES), et lors de l'élaboration des différents instruments d'urbanisme, appliquent la formule suivante (PDAU* de Constantine, 2016) :

$$\text{CES} = \frac{\text{COS}}{N} \quad \dots\dots\dots (\text{Equ n}^\circ 6)$$

(Où N : est le nombre de niveaux construits ou à construire ex: RDC+2= 3 niveaux).

Ainsi, la déduction de la valeur du COS devient plus maîtrisable et beaucoup plus facile en ayant celle du CES et du nombre d'étages autorisés. Ceci dit, au lieu de consommer plus de temps à calculer la surface habitable des planchers hors œuvre afin de la diviser sur la surface foncière, il est certainement plus pratique d'appliquer la formule ci-dessus mentionnée.

La figure n°20 ci-dessous nous schématise trois cas de calcul du COS en fonction du CES et du nombre de niveaux construits.

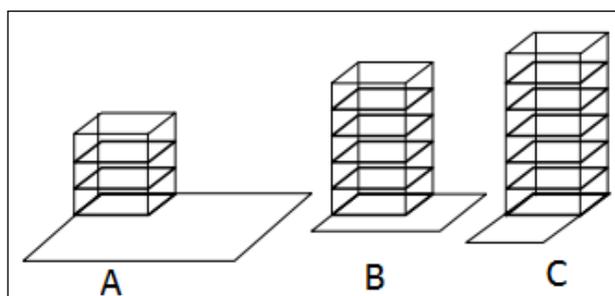


Figure n°20: Rapport entre le CES et le COS

Source : S. Hattab & M. Ziane, 2003

- Le cas A : CES = 0.16, COS = 0.48
- Le cas B : CES = 0.25, COS = 1.25
- Le cas C : CES = 0.50, COS = 3.00

D'autres part et selon S. Hattab et al (2003), le PDAU d'Alger divise le territoire de la commune en zones règlementaires en fonction du COS et du CES comme l'illustre le tableau n°2 ci dessous. Ils parlent également d'un déséquilibre flagrant entre le COS et le CES en ce qui concerne la réalisation des constructions d'habitat notamment individuel vu que les propriétaires optent dans la plupart des cas à la construction de la plus grande partie des parcelles au détriment des surfaces réservées aux espaces verts (S. Hattab & M. Ziane, 2003). Ainsi, en diagnostiquant la relation entre le COS et la CES au niveau de plusieurs zones différentes par leurs typologies nettement variées selon ce tableau on peut déduire la hauteur des constructions en appliquant la formule sus citée.

Zone d'habitat	Vocation et caractéristique	CES	COS
	Zone d'habitat forte densité	Habitat collectif existant à réhabiliter et à dédensifier	0.4
Habitat collectif projet sur des emprises occupées		0.5	2.5
Habitat collectif projet sur des sites vierges		0.5	2.5
Zone d'habitat A faible densité	Villas de standing	0.2	0.6
	Lotissements pavillonnaires, homogènes à préserver	0.4	1
	Tissus pavillonnaires à densifier en surélévation	0.5	1.5
	Habitat minimum à restructurer	0.5	1
	Terrains non urbanisés à lotir	0.5	1.5
Zones de centralité	de niveau supérieur à créer par rénovation	0.5	3
	Existante ou à créer par évolution progressive	0.5	3
	Créer par rénovation ou restructuration	1	6
	Créer sur des terrains non urbanisés	1	6
Zones tertiaire	Des bureaux et de l'habitat sur des emprises non urbanisées ou occupées par des activités à transférer	0.5	3
Micro-zones d'activités	Créer sur des emprises déjà occupées	0.5	1.5
	Créer sur des emprises non urbanisées	0.5	1.5
Tissu historique	L'intensité de l'occupation du sol est à déterminer selon les cas par les cahiers des charges	-----	-----

Tableau n°2: Densités proposées par le PDAU d'Alger en fonction du COS et du CES
Source : PDAU d'Alger (1995-2004)

Le tableau n°3 nous indique également comment se diffèrent l'évaluation de la densité en fonction des lieux et en prenant en compte plusieurs lectures : COS, CES, Densité des habitants, Densité des logements et ceci au niveau des grandes villes mondiales (**Rémy Allain, 2005**):

	Densité nette Hab/ha	Densité résidentielle logt/ha	COS	CES
Paris	145		3 à 6	50%
Grands ensembles en France		100 à 200	0.8 à 1.50	10 à 20%
Grand ensemble en corée et la chine		2000 à 3000	2 à 3	30 à 40%
Individuel groupé Terrasses		60 à 100	0.50	20 à 30
Individuel libre Europe		20 à 50	0.2 à 0.4	10 à 15%
Londres	168		3 à 5	
Brownfields		49		
Greenfields		38		
Barcelone	800	400	4 et plus	
Tokyo	316			
Hong-kong	880			
New york	600		10 à 21	
Los angeles	60			
Londres Blomsbury-islington	300 à 740	100 à 200	2 -3	

Grande bretagne Quartier résidentiel contemporain Brownfield Greenfield	45 à 100	20 à 30 28 22	0.3-0.4	
--	----------	-------------------------	---------	--

Tableau n°3: Exemple de COS et de CES au niveau de grandes villes mondiales
Source: Rémy Allain, 2005

2. La densité urbaine et la réglementation climatique:

La dimension morphologique de la densité telle qu'elle est traitée à travers la présente recherche repose donc sur des aspects purement géométriques. Ces derniers ont été définis comme étant des indicateurs morphologiques dits de densité qui sont dans notre cas le CES et le COS mis en place par la réglementation urbaine Algérienne. Or, il est à rappeler que l'intérêt essentiel visé par la problématique de départ est celui d'évaluer l'effet de la densité sur les paramètres microclimatiques. Ainsi, un rapport est censé être certain entre ces indicateurs morphologiques et le microclimat d'une entité urbaine donnée. Ce lien pourra être défini par un concept assez ciblé nommé : Indicateur morpho-climatique.

2.1.La notion d' « Indicateurs morpho-climatiques » :

Golany, G (1996) souligne l'adaptation de la forme urbaine en rapport avec les différents profils climatiques et propose aussi dans quel cas on utilise pour l'architecture ou l'urbain des formes : compactes, semi-compactes, associées ou dispersées.

A son tour, **Nikolopoulou, M (2004)** en définissant la morphologie urbaine comme étant la forme tridimensionnelle d'un groupe de bâtiments ainsi que les espaces qu'il crée, a précisé que l'utilisation d'une gamme d'indicateurs de forme permet d'établir des liens avec les performances environnementales notamment climatiques, exemple : l'influence de la géométrie des bâtiments sur l'ensoleillement, le vent, ou le bruit dans un espace ouvert. Ces indicateurs dits : morpho-climatiques sont donc des descripteurs qui combinent la morphologie urbaine avec les performances climatiques et environnementales des formes urbaines (**Stella Tsoka, 2011**). Dans le domaine de la pratique et de l'urbanisme opérationnel, **M. Benzarzour (2004)**, avance que « les indicateurs contiennent une information moins spécialisée et sont de ce fait plus diffusables chez les non-spécialistes des disciplines associées aux questions climatiques et environnementales, comme c'est le cas généralement des intervenants sur le cadre bâti. Il ajoute également que les indicateurs morphologiques sont des descripteurs également morphologiques permettant d'analyser des phénomènes « non morphologiques » comme ceux de l'environnement climatique.

On constate plusieurs méthodes et approches qui ont fait ressortir certains indicateurs morpho-climatiques. Entre autres on peut distinguer à titre indicatif:

2.1.1. Des indicateurs « morpho-physiques » :

L'importance est donnée à l'espace construit jusqu'aux paramètres physiques. Il est généralement question dans ces travaux de caractériser par des indicateurs morphologiques la variation des paramètres climatiques (direction et vitesse du vent, températures d'air et de surfaces, variation de l'humidité de l'air), des bilans énergétiques, de la pollution atmosphérique ou sonore ou encore de l'éclairement naturel dans les espaces et les ensembles urbains (**Groleau. D et Marenne. Ch, 1995**).

2.1.2. Des indicateurs « physico-morphologiques » :

L'intérêt est préconisé du physique au construit. Dans ce sens, des travaux assez récents, réalisés dans le champ spécifique de la recherche en climatologie urbaine, ont à leur tour visé une prise en compte de la complexité de la forme urbaine par des paramètres différents du concept de Canyon. Il y a lieu de citer **T.R Oke et S.C. Grimmond (1999)** qui ont visé explicitement la modélisation de la rugosité de la surface urbaine et donc approcher par cela les aspects aérodynamiques de la forme urbaine.

2.1.3. Des indicateurs « morpho-physico-sensibles » (dits perçus ou non quantifiable) :

Le laboratoire CRESSON de l'école d'architecture de Grenoble a développé une notion dont la définition est assez proche de celle que nous avons donnée de l'indicateur mais qui s'applique à l'analyse du perçu plus qu'à l'analyse de l'environnement physique, c'est la notion « d'effet » appliquée à l'analyse du phénomène sonore (**Laboratoire CRESSON, 2004**).

3. Réglementation Algérienne

3.1. L'intérêt environnemental de la densité exprimée par le COS et du CES dans la réglementation Algérienne en vigueur :

La mise au clair de certains textes règlementaires algériens ayant trait à la notion de densité urbaine et au rapport entre milieu urbain et dimension environnementale, s'avèrent d'une extrême importance.

En effet, s'il est enregistré une absence d'une réglementation consistante et spécialisée en ce domaine, il a été donc inévitable de fouiller entre les articles constituant les textes réglementaires en vigueur et de procéder à une lecture minutieuses entre les lignes afin d'arriver à une évaluation assez fondée de ces textes et de faire ressortir la synthèse qui sera l'appui de base de notre recherche. De ce fait, plusieurs textes réglementaires seront analysés notamment ceux qui oriente directement les conditions d'usage du sol. Donc, ce sont les textes qui fixent un règlement précis de l'acte urbain et architectural. Toutefois, L'intérêt sera certainement accentué sur les clauses liées directement à deux facteurs : *premièrement*, il est important de préciser la vision de la réglementation Algérienne en ce qui concerne "la densité urbaine". *Deuxièmement*, un processus de recensement de tous les articles qui traitent la dimension environnementale notamment climatique sera appliqué. Enfin, il y a lieu de rappeler d'abord que le choix de ces textes était basé sur le fait qu'ils sont les plus exploités par les services de l'urbanisme compétents (**DUC, 2014**) et les plus appliqués entre les tiers vu qu'ils possèdent la force de loi dans le domaine du règlement des litiges et des conflits liés notamment à l'occupations des sols urbains ainsi que les droits à construire en ville (**Code de l'Urbanisme, 2008**). Pour cela, les textes étudiés et analysés sont respectivement les suivants:

- Loi n°90-29 du 01/12/1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme modifiée et complétée par la loi n°04-05 du 14/08/2004.
- Décret exécutif n°91-175 du 28/05/1991 définissant les règles générales d'aménagement, d'urbanisme et de construction.
- Décret exécutif n°91-176 du 28/05/1991 fixant les modalités d'instruction et de délivrance du certificat d'urbanisme, du permis de lotir, du certificat de morcellement, de permis de construire, du certificat de conformité et du permis de démolir.
- Décret exécutif n°91-177 du 28/05/1991 fixant les modalités d'élaboration et d'approbation du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) ainsi que le contenu des documents y afférents modifié et complété par le décret exécutif n°05-317 du 10/09/2005.
- Décret exécutif n°91-178 du 28/05/1991 fixant les modalités d'élaboration et d'approbation du plan d'occupation au sol (POS) ainsi que le contenu des documents y afférents modifié et complété par le décret exécutif n°05-318 du 10/09/2005.

4. Synthèse des textes réglementaires Algériens en matière d'aménagement et d'urbanisme:

4.1.Loi n°90-29 du 01/12/1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme modifiée et complétée par la loi n°04-05 du 14/08/2004.

4.1.1. Définition:

Cette loi a pour objet d'édicter les règles générales visant à organiser la production du sol urbanisable, la formation et la transformation du bâti dans le cadre d'une gestion économe des sols, de l'équilibre entre la fonction d'habitat, d'agriculture et d'industrie ainsi que de préservation de l'environnement, des milieux naturels, des paysages et du patrimoine culturel et historique sur la base du respect des principes et objectifs de la politique national d'aménagement du territoire (**Loi n°90-29 du 01/12/1990**). D'abord, il est à noter que cette loi abroge la loi n° 82-02 du 6 février 1982 relative au permis de construire et de lotir et l'ordonnance n° 85-01 du 13 août 1985 fixant à titre transitoire les règles d'occupation des sols en vue de leur préservation et de leur protection (www.joradp.dz). D'autres part, plusieurs urbanistes considèrent que la loi n°08-15 du 20/07/2008 fixant les règles de conformité des constructions est venue accomplir la mission de celle-ci en donnant une grande importance à l'aspect extérieur des constructions à usage d'habitation notamment en matière de hauteurs et d'emprises aux sols (**Iklouli O. Rabah, 2014**) .

Etant donné que chaque loi devra être suivi par des textes exécutifs définissant et précisant les modalités de son application, il s'avère que la loi 90-29 est la référence voire l'introduction de tous les décrets exécutifs sus cités. Elle est composée en outre et ceci sans prendre en compte la loi modificative, de 81 articles répartis en 8 chapitres qui se répartissent comme suit : Principes généraux (chapitre **I**); Règles générales d'aménagement et d'urbanisme (parcelles constructibles, distances, hauteurs, etc..) (chapitre **II**); Instruments d'aménagement et d'urbanisme: plans directeurs d'aménagement et d'urbanisme, plans d'occupation des sols (chapitre **III**); Dispositions particulières applicables à certaines parties du territoire, telles que le littoral, les territoires à caractère naturel et culturel marqué, les terres agricoles à potentialités élevées ou bonnes (chapitre **IV**); Permis de lotir, de construire et de démolir (chapitre **V**); Clôture (chapitre **VI**); Sanctions (chapitre **VII**); Dispositions particulières et transitoires (chapitre **VIII**).

La présente loi à travers certains de ses articles a cité quelques détails d'implantation des constructions qui semblent donner une idée sur leur positionnement par rapport à l'axe de la voie de desserte mais donnent également des orientations sur l'emprise au sol ainsi que sur leur hauteur par rapport à leur environnement immédiat (**Loi n°90-29 du 01/12/1990**). Les articles concernés par ces indications sont les suivants:

4.1.2. Chapitre I, Articles 1, 5 et 6

4.1.2.1.Chapitre I, Article 01 :

Contenu intégral: (Loi n°90-29 du 01/12/1990) « La présente loi a pour objet d'édicter les règles visant à organiser la production du sol urbanisable, *la formation et la transformation du bâti dans le cadre d'une gestion économique des sols*, de l'équilibre entre la fonction d'habitat, d'agriculture et d'industrie ainsi que de préservation de l'environnement, des milieux naturels, des paysages et du patrimoine culturel et historique sur la base du respect des principes et objectifs de la politique nationale d'aménagement du territoire.

Cet article est parmi les premiers de la dite loi. Il définit clairement l'objectif primordial du texte en question qui est la gestion voire l'exploitation rationnelle et économique des terrains urbanisables. Il aura un impact extrêmement important sur le reste des articles et des textes comme on le verra plus tard surtout que cette loi a précédé et a introduit d'autres textes exécutifs qu'on verra ultérieurement.

Cette exigence d'intervenir sur le bâti dans le but d'une gestion économique du sol nous rappelle déjà l'idée de la densité horizontale exprimée règlementairement par le CES. Toutefois, cette indication reste très sommaire et très générale et ne permet pas de définir les limites de cette occupation du sol (DUC, 2014).

4.1.2.2. Chapitre II, Article 05 :

Contenu intégral: (Loi n°90-29 du 01/12/1990) « Sauf prescriptions techniques contraires, à l'intérieur des parties urbanisées de la commune aucune construction ou mur de clôture ne pourra être édifié à moins de quatre (04) mètres de l'axe de la voie qui la dessert. Au cas où des constructions ou clôtures en dur existent déjà sur un côté de la voie, l'axe de la voie est considéré comme étant à quatre mètres de la limite des clôtures ou constructions existantes » (Figure n°21).

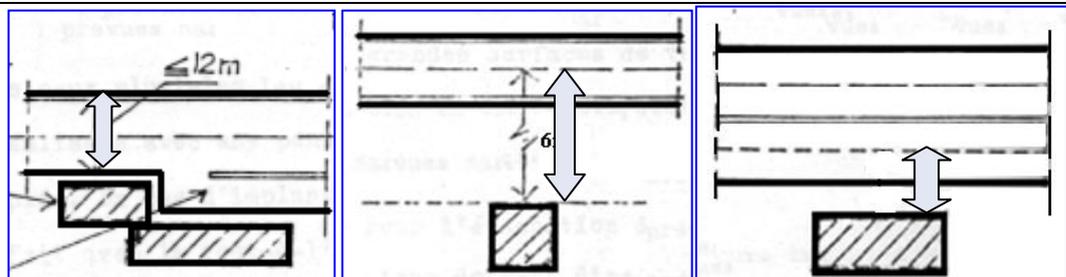


Figure n°21 : Différentes implantations des constructions par rapport aux voies de desserte
Source : Alberto Zucchelli, 1983

Article assez confus et énormément discutable. A vrai dire, définir l'implantation d'une construction à une distance près de l'axe de la voie de desserte donne l'occasion à de

nombreuse interrogations dont certaines sont en rapport avec la largeur de la voie de desserte. Pour cela, on se demande qu'elle est la largeur d'une voie de desserte? Et si cette largeur n'est pas définie par voie réglementaire, comment peut-on définir aussi précisément l'espacement entre une construction et l'axe de celle ci?

En répondant à cette interrogation, certains auteurs de l'acte urbain explique cette orientation par le fait que tout permis de construire exige l'aménagement d'un trottoir d'un mètre tout au long duquel s'alignent les constructions. Suite à quoi, et en respectant l'espacement de 4m entre l'axe de la voie et la construction, on déduit que la voie a une largeur total de sa chaussée égale à 6m (**DUC, 2014**). Ces orientations précisant le sont propres uniquement aux voies tertiaires de desserte.

4.1.2.3. Chapitre II, Article 06 :

Contenu intégral: (Loi n°90-29 du 01/12/1990) « Dans les parties urbanisées de la commune, *la hauteur des constructions ne doit pas être supérieure à la hauteur moyenne des constructions avoisinantes* et ce dans le respect des dispositions prévues par la législation en vigueur, notamment pour ce qui est de la protection des sites historiques.

La hauteur des constructions à l'extérieur des parties urbanisées doit être en harmonie avec l'environnement. Les modalités d'application du présent article ainsi que les termes d'occupation des sols et de la surface bâtie seront déterminées par voie réglementaire».

Du point de vue de la perception visuelle, il s'agit plutôt d'une certaine intégration au milieu avoisinant dictée par l'homogénéité des hauteurs des constructions existantes, sauf que l'argument d'une telle précision n'est pas mentionné. L'intérêt de cet article parait être la recherche d'une image urbaine homogène et cohérente, et qu'en aucun cas a eu lieu des réflexion relatives au prospect, à l'ensoleillement, à l'ombrage ...etc, car ces derniers exigent plutôt des prescriptions ponctuelles relatives aux dimensions notamment temporaires et saisonnières. Selon les responsables de la direction de l'urbanisme et de la construction de la wilaya de Constantine, cette exigence est appliquée d'une façon systématique au niveau des grands ensembles d'habitat collectif.

Ce détail est généralement mentionné au niveau des cahiers des charges attribués aux promoteurs immobiliers publics et privés.

En ce qui concerne l'habitat individuel, le problème n'est guère posé du moment où le nombre de niveaux maximal autorisé est toujours de l'ordre de deux niveaux sur Rez-de-chaussée. Exception est faite pour les infrastructures d'une certaine importance (équipements) qui en fonction de leurs natures peuvent avoir de grandes hauteurs (**DUC, 2014**).

4.2. Décret exécutif n°91-175 du 28/05/1991 définissant les règles générales d'aménagement, d'urbanisme et de construction:

4.2.1. Définition:

En application des dispositions de la loi n°90-29 du 1^{er} décembre 1990 et notamment ses articles 4, 6, 45, 47 et 54, et sous réserves des dispositions particulières prévues par la législation et la réglementation en vigueur, le présent décret fixe les règles générales d'aménagement, d'urbanisme et de construction, lesquels définissent les conditions auxquelles doivent satisfaire les projets de lotissements ou de construction (**Décret exécutif n°91-175 du 28/05/1991**). Ce décret exécutif, promulgué donc en application de la loi n° 90-29 relative à l'aménagement et l'urbanisme, est venu éclaircir les dispositions et les orientations de la loi sus citée en ce qui concerne notamment les détails et les conditions de construction en abrogeant de ce fait toutes dispositions contraires. Il comprend 49 articles répartis en 3 chapitres: Règles générales d'aménagement et d'urbanisme (chapitre **I**); Mesures générales de construction applicables aux bâtiments à usage d'habitation (chapitre **II**); Dispositions particulières (chapitre **III**).

Il est constaté que ce décret fait référence à la loi n°83-03 relative à la protection de l'environnement et le décret 68-06 du 11/01/1968, fixant les conditions d'implantation des constructions le long de certaines voies routières en plus du décret exécutif n°90-78 du 27/02/1990 relatif aux études d'impact sur l'environnement (**Code de l'urbanisme, 2008**). Ainsi, l'idée de vouloir protéger l'environnement est omniprésente, sauf que cette perspective concerne en particulier les conditions d'implantations des différentes infrastructures économiques en rapport en l'occurrence avec les activités industrielles (**DUC, 2014**). La dispersion des polluants pouvant affecter l'atmosphère et les réseaux hydriques ainsi que les nuisances sonores demeurent au sommeil des préoccupations de ces textes. Toutefois, et malgré l'impact direct de la pollution de l'air sur les paramètres microclimatiques ainsi que sur la santé humaine (**Hinda Bacha Nesrouche, 2007**), cet impact n'est pas encore pris en compte par le règlement urbain.

4.2.2. Chapitre I, section1, Article 10 :

Contenu intégral: (Décret exécutif n°91-175 du 28/05/1991) « [...] à l'intérieur des parties urbanisées, *l'implantation des constructions doit respecter les servitudes imposées par le plan d'alignement* approuvé ».

Il est à rappeler que dans le passé, la contrainte de vouloir aligner les constructions est apparue afin d'éviter un empiètement trop systématique sur la chaussée ce qui réduisait la largeur des voies déjà considérées comme fort étroites (**Atelier Parisien d'Urbanisme, 2003**). L'implantation des constructions comme nous allons le voir au niveau des décrets exécutifs relatifs aux POS*, obéit à plusieurs facteurs bien concrétisés lors de l'élaboration des plans d'aménagement de détails. Ces derniers n'ont jamais été associés à des plans d'alignement quelconques. Il s'agit en général d'une pièce graphique maîtresse qui est le plan d'aménagement. Ainsi, il est à noter que l'expression "*Plan d'alignement*" mentionnée au niveau du présent article mérite d'être mise au clair car, il est constaté l'inexistence de ce plan auprès des services compétents chargés de la gestion, du contrôle et du suivi des instruments d'urbanisme (**DUC, 2014**).

Toutefois, l'importance de l'alignement des constructions le long des trottoirs et des voies publiques est souvent contrôlée sur terrain par les agents de la police urbaine. Le respect de l'alignement exigé par celle-ci est basée sur la configuration et l'implantations des constructions telles qu'elles sont matérialisées sur le plan d'aménagement et d'implantation du lotissement dans le cas de l'habitat individuel (**APC-Ain Smara, 2014**). Il est même recommandé que dans le cas où une construction est édifiée en recul par rapport à l'alignement, de prévoir obligatoirement une clôture à l'alignement pour matérialiser celui-ci ce qui est actuellement imposé par le règlement français (**Atelier Parisien d'Urbanisme, 2003**).

4.2.3. Chapitre I, section1, Article 11 :

L'alignement parfait des constructions était toujours la règle et la configuration urbaine souhaitée, néanmoins, des adaptations ont restées possibles. Sur cette base, et en ce qui concerne les voies pour lesquelles il n'existe pas de plan d'alignement approuvé, précise cet article *aucune construction ne peut être édifiée à moins de 6m de l'axe de la voie* (**Décret exécutif n°91-175 du 28/05/1991**) (Figure n°22). Les services techniques le l'Assemblée Populaire Communale (APC) de la commune d'Ain, Smara, chargée de la viabilisation des lotissements d'habitat individuel, et responsables également de l'aménagement et la

réalisations de l'ensemble des voies urbaines, valorisent cette précision du moment où le terrassement des voies de desserte et le positionnement précis de leurs axes doit toujours anticiper toute implantation de constructions. Cette dimension minimale de 06 mètres assure selon ces responsables l'aboutissement à une configurations globale assez cohérente (APC d'Ain Smara, 2014).

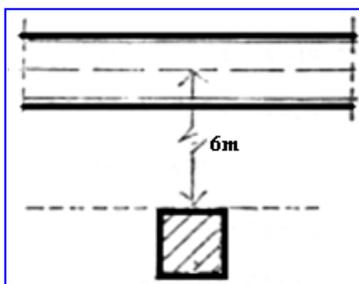


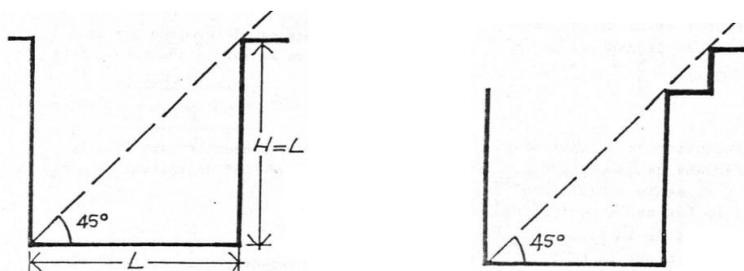
Figure n°22 : Implantations des constructions en cas D'absence d'un plan d'alignement
Source : Alberto Zucchelli, 1983

4.2.4. Chapitre I, section2, Articles de 21 à 24

4.2.4.1. Chapitre I, section2, Article 21

Contenu intégral: (Décret exécutif n°91-175 du 28/05/1991) « Dans une même propriété, les bâtiments projetés doivent être implantés dans des conditions telles que les baies éclairant les pièces d'habitation ne soient masquées par aucune partie d'immeuble vue sous l'angle de plus de 45 degrés au dessus du plan horizontal considéré à l'appui de ces baies.

Cet angle peut être porté à 60 degrés pour la façade la moins éclairée, (Figure n°23) à condition que la moitié au plus des pièces habitables prenne jour sur cette façade. Une façade d'au moins quatre mètres peut être imposée entre deux bâtiments non contigus ».



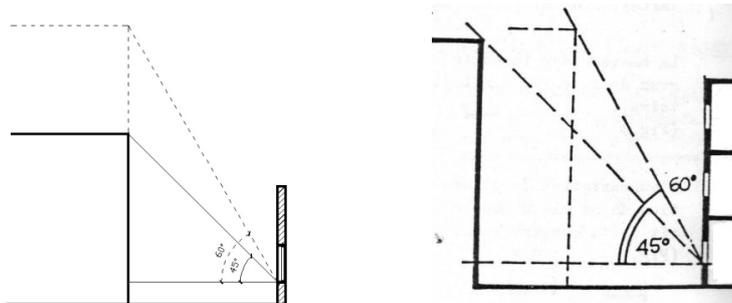


Figure n°23: Le prospect tel que défini par la réglementation Algérienne

En effet, pour la première fois, on introduit clairement la dimension climatique dans la production architecturale. Définir l'implantation adéquate des bâtiments afin d'obtenir un degré d'ensoleillement recherché s'avère d'une importance certaine. La notion de $H=L$ (Voir figure n°23), nous rappelle déjà les idées d'hygiénisme des années 50 empruntées à Léonard de Vinci. La hauteur admissible d'une construction n'étant plus subordonnée à la largeur de la voie mais plutôt au "Prospect" (**Atelier Parisien d'Urbanisme, 2003**). Ainsi, une implantation en recul autorise une hauteur plus élevée.

Néanmoins, l'article n°21 du présent décret, n'a pu sortir de son aspect général car, on se demande si une analyse climatique rigoureuse ou même approximative a eu lieu au niveau du territoire national surtout que le vaste territoire algérien connaît une répartition de zones climatiques assez diverses où la durée d'ensoleillement pour ne prendre que ce paramètre est nettement très différente d'une zone à l'autre. Une autre question s'impose, peut-on généraliser le contenu de l'article ci-dessus à tout le territoire national?

Les responsables de la DUC* de la wilaya de Constantine saluent en général cet article et supposent qu'il prend en considération une solution non pas parfaite mais moyenne dans la prise en compte de l'aspect climatique lors des aménagement urbains (**DUC, 2014**). Ce détail géométrique lié aux conditions d'ensoleillement des façades a été également fortement salué par le chercheur urbaniste **Iklouli Oueld Rabah (2014)** qui n'a pas manqué de rappeler dans le même contexte le contenu de l'article n°35 du même décret qui stipule que "*Chaque pièce principale doit être éclairée et ventilée en moyen d'une ou plusieurs baies ouvrantes dont l'ensemble doit présenter une superficie au moins égale au huitième de la surface de la pièce [...]*" (**Décret exécutif n°91-175 du 28/05/1991**).

En tout cas, il est important de préciser que ce dernier article (Art n°35) est à valoriser du fait qu'il comporte l'unique précision qui existe au niveaux des textes règlementaires analysés en rapport direct avec la situation géographique des sites concernés par ces

orientations. Il annonce clairement que : "[...] Cette disposition n'est pas applicable aux régions situées à une altitude égale ou supérieure à 800 mètres, ni à la zone Sud du territoire national [...]"(Décret exécutif n°91-175 du 28/05/1991)

Cet article précise également "[...] qu'une distance d'au moins quatre (04) mètres peut être imposée entre deux bâtiments non contigus [...]" (Figure n°24). Le règlement Algérien à l'identique de la réglementation urbaine Française, désigne cette distance par l'expression "limite séparative". Cette dernière est définie comme étant la distance entre une construction et la propriété d'une autre (**Code de l'Urbanisme, 2008**) et comme elle doit impérativement être en rapport avec la hauteur des constructions notamment en présence d'ouvertures sur les façades, une recherche menée par l'Atelier Parisien d'Urbanisme et en comparant l'application de cette orientation au niveau de plusieurs villes françaises a déduit que cette distance est égale à (**Atelier Parisien d'Urbanisme, 2003**) :

- Pour les constructions situées à l'intérieur de la zone traditionnelle, à la moitié de la différence d'altitude entre les deux points concernés ($L=1/2 H$) avec un minimum de 4m.
- Pour les constructions situées au-delà de la zone traditionnelle, à la différence d'altitude entre les deux points concernés ($L= H$) avec un minimum de 4m pour les façades comprenant de baies.
- A la moitié de la différence d'altitude entre les deux points concernés ($L=1/2 H$) avec un minimum de 2.5m pour les façades ne comprenant pas de baies.

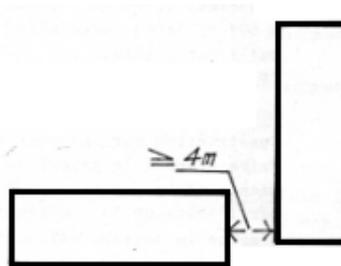


Figure n°24 : Distance minimale entre deux constructions non contiguës

4.2.4.2.Chapitre I, section2, Article 22:

Contenu intégral: (Décret exécutif n°91-175 du 28/05/1991) « La réalisation d'un ensemble de bâtiments à usage d'habitation comprenant vingt logements au moins, sauf impossibilité tenant à la situation et à l'état des lieux, doit satisfaire aux conditions suivantes :

5. *La moitié au moins des façades percées de baies servant à l'éclairage des pièces d'habitation doit bénéficier d'un ensoleillement de deux heures par jour pendant au moins deux cents jours par année. Chaque logement doit être disposé de telle sorte que la moitié de ses pièces habitables prennent jour sur les façades répandant à ces conditions.*
6. *Les baies éclairant les autres pièces d'habitation ne doivent être masquées par aucune partie d'immeuble qui à l'appui de ces baies, serait vue sous un angle de plus de 60 degrés au dessus du plan horizontal ».*

Encore une fois, il y a eu lieu cette prise de conscience de l'aspect climatique quant à l'implantation des bâtiments ainsi qu'à la répartition intérieure des espaces, néanmoins, il est noté certaines anomalies qui de part leur importance, nous incitent à poser des interrogations et des interprétations diverses de cet article. En effet, lorsque la moitié des façades percées de baies propre aux pièces d'habitation sont favorisées en matière d'ensoleillement, quel sera le sort de l'autre moitié des bâtiments. Suite à quoi, pourquoi ne pas associer cette faveur à une recommandation d'implantation des bâtiment afin qu'ils puissent bénéficier en majorité du maximum d'ensoleillement durant l'année.

4.2.4.3. Chapitre I, section 2, Article 23

Contenu intégral: (Décret exécutif n°91-175 du 28/05/1991) « *Lorsqu'un bâtiment doit être édifié en bordure d'une voie publique, sa hauteur ne dépassera pas la distance comptée horizontalement entre tout point de celui-ci et le point le plus proche de l'alignement opposé* (Figure n°25).

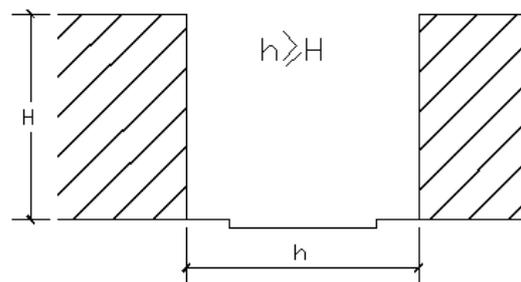


Figure n°25 : Schématisation de la géométrie de la rue comme décrite par la réglementation en vigueur

Contenu intégral (suite article n°23): Lorsqu'il existe une obligation de construire en retrait de l'alignement, la limite de ce retrait se substitue à l'alignement. Il en sera de même pour les constructions élevées en bordure de voies privées, la largeur effective des voies privées étant assimilée à la largeur réglementaire des voies publiques.

Une tolérance de deux mètres peut être accordée lorsque la hauteur calculée, comme il est indiqué ci-dessus, ne permet pas d'édifier un nombre entier d'étages droits. La même tolérance est admise pour les murs, cheminées, saillies, et autres éléments de construction reconnus indispensables. Lorsque les voies sont en pente, la hauteur de la façade prise en son milieu pourra régner sur toute la longueur, à condition qu'en son point le plus élevé par rapport au niveau du sol, cette tolérance ne puisse excéder trois mètres (Figure n°26).

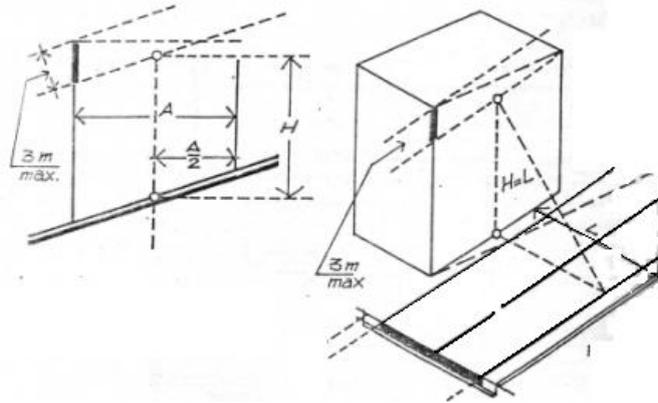


Figure n°26 : Schématisation des conditions d'implantation des constructions sur terrain en pente
Source : Alberto Zucchelli, 1983

Contenu intégral (suite article n°23): Si la distance entre deux voies d'inégales largeurs ou de niveau différents est inférieure à 15 mètres, la hauteur de la construction édifiée entre les deux voies est réglée par la voie la plus large ou le niveau le plus élevé, à condition que l'excédent de hauteur en résultant ne dépasse pas de six mètres le niveau permis par la voie la plus étroite ou le niveau le moins élevé.

Lorsqu'une voie est édifiée à l'angle de deux voies d'inégales largeurs, la façade de retour sur la voie la plus étroite peut avoir la même hauteur que celle élevée sur la voie la plus large à condition que la longueur de la façade de retour n'excède pas une fois et demi la largeur de la voie la plus étroite » (Figures n°27 et 28).

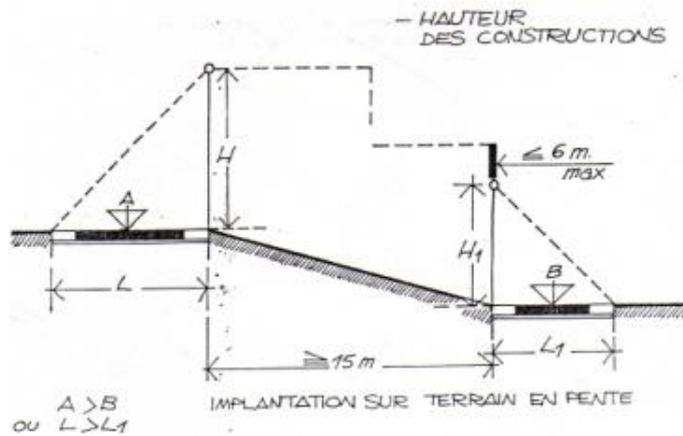


Figure n°27 : Schématisation des conditions d'implantation d'une construction entre les deux voies (Terrain en pente)
Source : Alberto Zucchelli, 1983

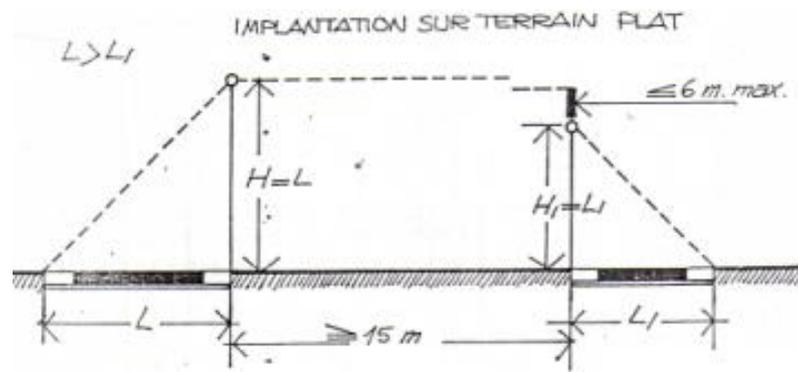


Figure n°28 : Schématisation des conditions d'implantation d'une construction entre les deux voies (Terrain plat)
Source : Alberto Zucchelli, 1983

Contenu intégral (suite article n23): Lorsqu'une construction est édifée à l'angle de deux voies d'inégale largeur, la façade de retour sur la voie la plus étroite peut avoir la même hauteur que celle élevée sur la voie la plus large à condition que la longueur de la façade de retour n'excède pas une fois et demi la largeur de la voie la plus étroite (Figure n°29).

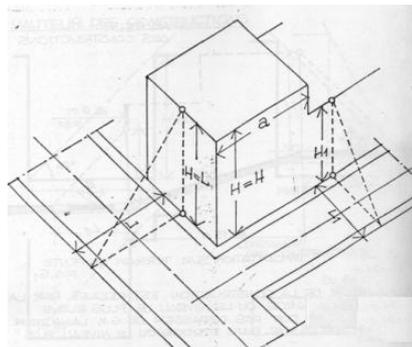


Figure n°29 : Schématisation des conditions d'implantation d'une construction à l'angle de deux voies
Source : Alberto Zucchelli, 1983

S'agissant ainsi du prospect, il est à rappeler que ce dernier est une règle d'urbanisme organisant les volumes dans la ville. Il est considéré également comme l'un des indicateurs morpho-climatiques de la densité urbaine au début du chapitre (Voir page n°23).

Fondé essentiellement sur des considérations telles que les ouvertures visuelles ou les apports de lumière dans la rue, le prospect dimensionne en premier lieu l'écart entre les bâtiments et les hauteurs de ceux-ci.

Le prospect a un effet majeur sur la morphologie urbaine. A titre d'exemple, au Moyen Âge, la législation relative à l'empiètement des maisons privées sur la rue (au niveau rez-de-chaussée) a incité les particuliers à construire des éléments en porte-à-faux, d'où l'apparition des maisons à encorbellement (www.fr.wikipedia.org). Quant à la réglementation Algérienne, Il est bien clair que la recommandation suscitée qui consiste à définir la hauteur d'un bâtiment par rapport à la distance qui le sépare de l'autre bâtiment soit situé à l'autre coté de la voie publique reste assez confuse.

Ainsi, on se demande si cela pourra s'appliquer aux nouveaux centres urbains caractérisés surtout par l'élévation de plus en plus du prix du foncier d'une part et par la très forte densité urbaine exigée par des paramètres assez nombreux et compliqués. En tout cas, le prospect fait actuellement partie intégrante de la législation urbanistique (**Atelier Parisien d'Urbanisme, 2003**).

4.2.4.4. Chapitre I, section 2, Article 24

Contenu intégral: (Décret exécutif n°91-175 du 28/05/1991) « A moins que le bâtiment ne soit édifié à la limite du terrain, *la distance mesurée horizontalement de tout point de ce bâtiment au point de la limite du terrain qui est le plus rapproché doit être au moins égale à la moitié du bâtiment considéré, sans pouvoir être inférieure à quatre mètres.*

Lorsque les façades ne sont pas percées de baies servant à l'éclairage des pièces d'habitation, leur distance aux limites séparatives peut être réduite au tiers de la hauteur avec un minimum de deux mètres » (Figure n°30).

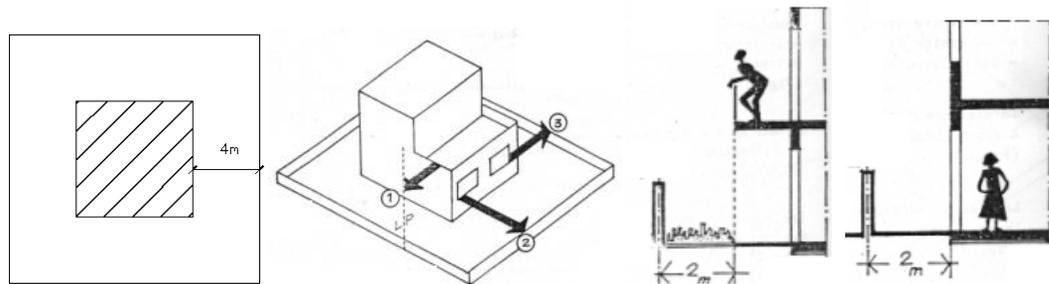


Figure n°30 : Distance de la limite séparative telle que décrite par la réglementation en vigueur
Source : Cours d'Urbanisme, S. Makhloufi, 2012

En résumé, cet article définit ce qui est connu dans le monde des règles d'urbanisme par le terme : limites séparatives. Néanmoins, et dans la réalité caractérisant la production urbaine, ces limites sont toujours apportées à 4 mètres lorsqu'il s'agit d'ouvertures de pièces habitables et se trouve réduit à 2 mètres au cas d'espaces secondaires voire d'une moindre importance tels que les sanitaires et salle de bain, garages, buanderie,...etc (DUC, 2014).

Les articles 27 et 28 du présent décret exécutif stipulent que « si par leur situation, leur dimension ou leur aspect extérieur, les constructions et ouvrages à édifier sont de nature à porter atteinte au caractère ou à l'intérêt des lieux avoisinant, aux sites, aux paysages urbains, le permis de construire peut être refusé ou accordé sous réserves de prescription spatiales.

4.2.5. Chapitre I, section 2, Article 26

Contenu intégral: (Décret exécutif n°91-175 du 28/05/1991) "*La densité maximale admise des constructions sur les parties urbanisées des communes, exprimée en rapport entre la surface plancher hors œuvre nette et la surface de la parcelle (ou coefficient d'occupation au sol) est égale à 1*".

Cet article est considéré comme l'une des définitions claires et directes de la densité urbaine. De ce fait, et selon le contenu de l'article, si la densité maximale contribue à la définition de l'indice de densité verticale (COS), ce dernier aide également à donner une lecture à la densité urbaine d'une zone donnée. **Iklouli O.Rabah (2014)**, dans sa recherche détaillée sur le règlement urbain Algérien et en ce qui concerne toujours les parties urbanisées a également mis l'accent sur le contenu de l'article n°28 du présent décret qui stipule que: "Dans les zones déjà partiellement bâties, [...] l'autorisation de

construire à une hauteur supérieure à la hauteur moyenne des constructions avoisinantes peut être refusée ou subordonnée à des prescriptions spéciales (Décret exécutif n°91-175 du 28/05/1991) [...].

4.3. Décret exécutif n°91-176 du 28/05/1991 fixant les modalités d’instruction et de délivrance du certificat d’urbanisme, du permis de lotir, du certificat de morcellement, de permis de construire, du certificat de conformité et du permis de démolir:

4.3.1. Définition:

Ce décret fixe les dispositions d’instruction et de remise aux pétitionnaires des documents sus visés indiqués dans les articles concernés de la loi n° 90-29 du 1^{er} décembre 1990. Ces dits documents ne concernent pas les infrastructures couvertes par le secret de défense nationale ainsi que ceux ayant un caractère hautement stratégique (**Décret exécutif n°91-176 du 28/05/1991**).

Ainsi, ils sont désignés par le terme : "actes d’urbanisme", et sont définis comme étant : le permis de construire, le permis de lotir, le permis de démolir, le certificat d’urbanisme, le certificat de morcellement et le certificat de conformité. Le permis est un acte administratif, délivré sous forme d’arrêté par une autorité publique pour morceler un terrain, pour l’édification d’une construction nouvelle, l’extension, la modification ou la démolition d’une construction existante conformément à la réglementation en vigueur. Le droit a construire est attaché à la propriété du sol, il s’exerce dans le strict respect des dispositions législatives et réglementaires relatives à l’utilisation du sol, il est soumis au permis de construire, de lotir ou de démolir. Cependant, le certificat d’urbanisme et le certificat de morcellement constituent une formalité préalable à l’obtention d’une autorisation d’urbanisme (permis).

En ce qui concerne la délivrance de ces actes, il est à noter que l’ensemble des permis sont délivrés par le président de l’assemblée populaire communale (APC), par le wali ou par le Ministre chargé de l’urbanisme, selon le cas. Tandis que les certificats sont délivrés par le président de l’APC ou le wali également selon le cas (www.algerie-immobilier.com).

4.3.2. Chapitre II, section1, Article : 09, alinéa 6

Contenu intégral: (Décret exécutif n°91-176 du 28/05/1991) «Un cahier des charges établi conformément au modèle arrêté par le ministre chargé de l’urbanisme fixant les obligations et servitudes fonctionnelles et d’intérêt général imposées dans le lotissement

ainsi que les conditions dans lesquelles les constructions doivent être édifiées. Le cahier des charges fixe en outre la tenue des propriétés, des plantations et d'espaces verts et des clôtures».

4.4. Décret exécutif n°91-177 du 28/05/1991 fixant les modalités d'élaboration et d'approbation du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) ainsi que le contenu des documents y afférents modifié et complété par le décret exécutif n°05-317 du 10/09/2005.

4.4.1. Définition:

Le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) est un instrument de planification spatiale et de gestion urbaine. Il fixe les orientations fondamentales de l'aménagement du territoire de la ou les commune(s) concernée(s), en tenant compte des schémas d'aménagement et plans de développement (**Loi n°90-29 du 01/12/1990**). Cet instrument indispensable au développement de la collectivité locale, joue un rôle important dans la rationalisation de l'utilisation des sols et leur prévision pour la satisfaction des besoins présents et futurs (epaudz.wordpress.com).

Quant au présent décret, il a pour objet de fixer les procédures d'élaboration et d'approbation du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme et le contenu des documents qui s'y rapportent conformément aux dispositions de la loi n°90-29 du 1^{er} décembre 1990 sus citée (**Décret exécutif n°91-177 du 28/05/1991**). Ce décret est sensé donner tout les détails relatifs au déroulement de la procédure administrative et technique d'élaboration et d'approbation des études de PDAU. A noter qu'au niveau du chapitre III, qui précise en détail le contenu du dossier technique de cet instrument, la notion de densité est bien mentionnée au niveau de l'article 17 comme suit:

4.4.2. Chapitre III, Article n°17:

Contenu intégral: (décret exécutif n° 91-177 du 28 mai 1991) "Le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme se compose d'[...]
2. Un règlement qui fixe les règles applicables pour chaque zone comprise dans les secteurs tels que définis aux articles 20,21,22,23 de la loi n°90-29 du 1^{er} Décembre 1990 susvisée.
A cette fin, il doit déterminer : [...]
b) *La densité générale exprimée par le coefficient d'occupation du sol.*"

En limitant la densité urbaine au COS, une forte problématique est depuis déjà des décennies objet de recherche et d'investigations. La non maîtrise de ce concept a poussé de nombreux acteurs à s'interroger sur la nécessité de maintenir ce COS comme outil d'évaluation de la densité. Cette vision est d'une part assez fondée vue que l'origine du COS revient d'ailleurs à l'urbanisme du mouvement moderne. A l'époque, l'idée était généralement de rassembler de nombreuses parcelles afin d'édifier un bâtiment d'une grande hauteur au milieu d'un espace libre végétalisé. La réflexion n'était donc pas basée sur les notions de "parcelles" et de "rues" (**Atelier Parisien d'Urbanisme, 2003**). De ce fait, et dans le but d'une meilleure maîtrise de ce concept et de sa meilleure application, on a estimé plus efficace de le lier du point de vu règlementaire au CES comme on le verra plus tard.

4.5. Décret exécutif n°91-178 du 28/05/1991 fixant les modalités d'élaboration et d'approbation du plan d'occupation au sol (POS) ainsi que le contenu des documents y afférents modifié et complété par le décret exécutif n°05-318 du 10/09/2005.

4.5.1. Définition:

Le Plan d'Occupation du Sol (POS), objet de ce décret, est l'un des instruments d'urbanisme dictés par le règlement d'urbanisme en vigueur. Il est défini comme étant un outil créé dans le respect des dispositions du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme. Le POS, fixe d'une façon détaillée le droit d'usage des sols et de construction (**Loi n°90-29 du 01/12/1990**). On définit aussi le POS comme étant un document qui fixe les règles générales et les servitudes d'utilisation des sols, dans le cadre des orientations des Schémas Directeurs avec lesquels ils doivent être compatibles. Il a plusieurs objectifs essentiels:

- Organiser les zones urbaines ou à urbaniser en prenant notamment en compte les besoins en matière d'habitat, d'emplois, de services et de transport,
- Protéger les zones naturelles, en raison notamment de la valeur agronomique des terres ou de l'existence de risques naturels prévisibles.

Cet outil pour la planification du développement communal permet aux communes de préserver la localisation d'un équipement public en inscrivant un emplacement réservé (**actuviroennement.com**). Le présent décret a pour objet de fixer les procédures d'élaboration et d'approbation du plan d'occupation des sols et le contenu des documents qui s'y rapportent conformément aux dispositions de la loi n°90-29 du 1^{er} décembre 1990 sus citée (**Décret exécutif n°91-178 du 28/05/1991**).

Le présent décret vient détailler les orientations et le contenu du PDAU. Ceci dit que si le PDAU, s'occupe de l'aménagement territorial à l'échelle communale ou inter communal, le POS quant à lui est considéré comme instrument opérationnel de gestion urbaine et il traite l'échelle la plus détaillée des tissus urbains. Ainsi, il est clairement constaté que dans la prise en considération de la densité urbaine et des conditions générales d'occupation des sols ainsi que l'aspect extérieur des constructions, le POS nous offre plus d'éclaircissement et d'orientations notamment au niveau du chapitre III dans son article 18 relatif au contenu du dossier technique du POS et cela comme suit:

4.5.2. Chapitre III, article 18:

Contenu intégral: (Décret exécutif n°91-178 du 28/05/1991) "

Le plan d'occupation du sol se traduit par:

1. Un règlement qui contient:

[...] b) La partie de règles fixant pour chaque zone homogène et en tenant compte des dispositions particulières applicables à certaines parties du territoire tels que définies au chapitre IV de la loi n°90-29 du 1^{er} décembre 1990 susvisée : la nature et la destination des constructions autorisées ou celles interdites, *les droits de construire attachés à la propriété du sol exprimée par le coefficient d'occupation du sol ainsi que le coefficient d'emprise au sol et toute servitudes éventuelles.*"

Ensuite, le décret a donné la définition des deux indices de densités qui sont le COS et le CES comme suit:

Contenu intégral (Suite de l'article n°18):

[...] "*Le coefficient d'occupation du sol est défini dans ce cas par le rapport entre la surface de plancher hors œuvre nette de la construction et la surface du terrain [...] le coefficient d'emprise au sol est défini par le rapport entre la surface bâtie au sol de la construction et la surface du terrain [...]*"

Ainsi, le COS et le CES sont définis tous les deux par le présent décret en tant que droits à construire. Etant liés ensemble à la parcelle de terrain à bâtir selon leur formules de calculs, il semblent être liés l'un à l'autre du point de vue morphologique et réglementaire.

Dans tous les cas, le point commun entre Le règlement d'un POS et celui d'un PDAU, est que tous les deux comportent les même points qui restent à définir selon chaque cas. Les deux règlements citent les conditions générales d'occupation de l'espace urbain en soulevant des

détails relatifs aux voies d'accès, au parcellaire, aux réseaux divers, la façon d'implanter les constructions ...etc. et ceci comme suit:

[...] Le règlement précise en outre les conditions de l'occupation de sols liées aux:

Contenu intégral (Suite de l'article n°18):

1. Accès et voiries
2. Desserte par les réseaux
3. Caractéristiques des terrains
4. *Implantation des constructions par rapports aux voies et emprises publiques*
5. *Implantation des constructions par rapport aux limites séparatives*
6. *Implantation des constructions les unes par rapport aux autres sur une même propriété*
7. *Hauteur des constructions*
8. *Aspect extérieur*
9. Stationnement
10. Espaces libres et plantations"

En plus de ces dix points essentiels caractérisant le règlement des deux instruments, on mentionne obligatoirement les valeurs du COS et du CES juste après. Donnant un aperçu sur la densité urbaine autorisée, il est constaté que le CES est systématiquement fixé à **0,6** et le COS à **1,8** pour l'habitat individuel et ceci dans les deux instruments à titre égal. Les limites du COS et du CES relatifs à l'habitat collectif, semi collectif et les équipements publics sont laissées à l'appréciation du maître d'ouvrage selon la nature de la construction (**DUC, 2014**). Ainsi, pour le calcul du COS par rapport au CES, une équation est toujours appliquée par les services des maîtres d'œuvre et approuvée par ceux du maître d'ouvrage.

Il s'agit de multiplier la valeur du CES par le nombre de niveaux à compter du Rez-de-chaussée "n" (**DUC, 2016**).

$$COS = CES \times n$$

Avec cette même équation, la densité urbaine est calculée soit au niveau d'une étendue spatiale très large à l'exemple du territoire couvert par le PDAU, soit à l'échelle de l'îlot ou de la parcelle à l'exemple du champ d'application du POS. D'autre part, il est constaté que la réglementation urbaine Algérienne considère d'une façon directe que le COS est un indicateur de densité verticale (Voir Art n°17 du décret exécutif n° 177-91 ci-dessus) sans citer le CES. Toutefois, cette équation mentionnée, appliquée et approuvée par les services compétents

(Maîtres d'œuvre et d'ouvrage), a imposé à la présente recherche la prise en compte du CES en tant qu'indicateur de densité horizontale.

4.6. Des textes modifiant et complétant la loi 90-29, le décret 91-177 et le décret 91-178 sus cités:

Il s'agit notamment et respectivement de la **loi n°04-05 du 14 Aout 2004**, du **décret exécutif n°05-317 du 10 Septembre 2005** et le **décret n°05-318 du 10 Septembre 2005**. Ces derniers rappellent qu'ils ont été promulgués après la catastrophe naturelle consistant aux inondations survenues à Alger le 10 Novembre 2001 provoquant d'énormes dégâts matériels et plus de 700 morts uniquement à Bab El Oued (www.algerie360.com). D'abord, les modifications portées sur ces textes réglementaires ont touché en l'occurrence les conditions de constructibilité des parcelles et parmi lesquelles on insiste sur le fait que "seules sont constructibles les parcelles qui ne sont pas exposées aux risques naturels et technologiques". Egalement, toute parcelle destinée à être construite et selon les modifications qui ont été apportées sur la loi sus citée, doit être liée à un réseau général d'AEP et d'assainissement. On note d'autre part certaines modifications relatives aux instruments d'aménagement et d'urbanisme (PDAU et POS). En effet, et en plus des objectifs de ceux-ci et leurs dispositions fixées dans le texte initial de cette loi, ils doivent aider à prévenir contre les risques naturels et technologiques.

D'un autre côté, le respect ferme du permis de construire est obligatoire par les propriétaires et chaque dossier de demande de permis de construire ne sera pas approuvé s'il est enregistré l'absence d'un dossier de génie civil relatif au projet concerné et qui doit obligatoirement être élaboré par le bureau d'étude. Dans ce même contexte, le contrôle des constructions sans permis de construire ou non conformes à celui-ci doit être à charge du **Président de l'Assemblée Populaire Communale (P/APC)**, des inspecteurs d'urbanisme, des agents communs chargés de l'urbanisme ainsi que des fonctionnaires de l'administration de l'urbanisme. A cet effet des sanctions diverses sont prévues en cas d'infractions, ainsi, ils donnent lieu selon le cas soit à la mise en conformité de la construction soit à sa démolition partielle ou complète (**Loi n°04-05 du 14 Aout 2004**).

En ce qui concerne les modifications relatives aux instruments d'urbanisme, et en procédant par le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU), il y a lieu de définir les zones exposées aux risques naturels et technologiques afin de les atténuer et ceci en les situant et les délimitant. Ces risques concernent en l'occurrence : les failles sismiques, les

glissements ou effondrement des terrains, les coulées de boues, les tassements, les liquéfactions, les éboulements et les inondations.

Quant aux POS (plan d'occupation au sol), il est porté aux maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre de prendre en considération la nécessité d'élaborer pour chaque étude une carte à l'échelle 1/500 ou 1/1000 délimitant les zones exposées aux risques naturels et technologiques (**Décret exécutif 05-318 du 10-09-2005**).

Conclusion:

Comme toute nouvelle approche et recherche, il a fallu mettre au clair le concept de « densité » et encore avec plus de précision celui de la « densité urbaine ». Il s'avère ainsi que les différentes disciplines d'ordre général abordent différemment cette thématique. En arrivant au domaine d'urbanisme, deux dimensions apparaissent clairement : la morphologie et la planification urbaines. La densité urbaine est donc planifiée d'abord et suite à quoi, une image urbaine verra le jour avec toute ses complexités, ses géométries, ses distances. C'est ainsi que la morphologie urbaine devient alors une réalité à vivre mais aussi à évaluer en cas de manques ou de d'insatisfaction des usagers.

Ensuite, et afin d'avoir une large idée et une compréhension assez fondée quant à la notion de densité urbaine, il a fallu fouiller, analyser et interpréter une réglementation souvent voire toujours appliquée d'une façon systématique et machinale. Néanmoins, la remise en cause des articles et des détails règlementaires demeure difficile et acceptée avec beaucoup de réserves.

Du point de vue atouts constatés lors de l'élaboration de ce chapitre c'est que la loi 90-29 relative à l'aménagement et à l'urbanisme a été succéder par des décrets exécutifs définissant les dispositions de son application, à savoir le décret n°91-177 relatif aux procédure d'élaboration et d'approbation du PDAU et le décret exécutif n°91-178 relatif au POS. Ceci dit que les orientations et les conditions d'occupation des sols en milieu urbain sont en partie plus clairs et plus explicites.

Après avoir achevée cette phase analytique, il s'avère que les textes règlementaires Algériens en question connaissent dans la plupart de leurs clauses une grande ambiguïté ce qui laisse le champ de l'interprétation assez large et donne l'occasion aux intervenants et aux aménageurs d'opter pour les solutions faciles voire basiques.

La prise en compte des indices de densité dans l'acte urbain à savoir le CES et le COS exige une connaissance profonde des paramètres microclimatiques existants et ceux recherchés, sauf qu'il est constaté que même au niveau de certains articles où on cite les conditions d'ensoleillement, il n'est guère mentionnée la différence climatique et microclimatique qui change d'une saison à une autre: chaude et froide, ni les conditions climatiques qui diffèrent d'une région à une autre. La côte, les hauts plateaux, le nord saharien et le grand désert sont traités uniformément avec la même réglementation et les mêmes conditions d'occupation au sol. D'autres part et au moment où il devient connu que les tissus

urbains dans les zones arides et semi arides doivent être compactes et serrés afin d'une protection contre le soleil ardent des zones sahariennes, on se trouve face à des orientations figées ne prenant en compte aucun aspect environnemental.

A titre d'exemple lorsqu'on limite la distance entre les constructions à un angle égal à 45° rapporté à 60° , on se pose la question : Sur quelle base cela a été fixé.

En matière de densité urbaine au sein du règlement, il a été constaté que le coefficient d'occupation du sol (COS) est clairement défini comme indicateur de densité sauf que le coefficient d'emprise au sol est désigné en tant que "droit à construire". Néanmoins, et selon le processus d'élaboration des instruments d'aménagement et d'urbanisme (PDAU et POS), et pratiquement parlant, les deux indicateurs sont inséparables l'un de l'autre. De ce fait, on affirme notre choix préliminaire qui consiste en leur prise en compte simultanément.

A la fin, et en se rattrapant et dans l'objectif d'éliminer les ambiguïtés d'une part et aider à la mise en place d'une réglementation flexible qui peut générer des orientations d'occupation du sol différentes d'une région à une autre, il est indispensable de préciser et de mentionner qu'il est laissé à la portée des aménageurs et intervenants, qu'ils soient maîtres d'œuvre ou maîtres d'ouvrage d'adapter les clauses de ces textes aux conditions climatiques de la région concernée et de pouvoir proposer également une réglementation annexe au projet conçu qui prend en charge les conditions environnementales de celui-ci.

*"Comment l'indomptable recherche scientifique va-t-elle
rester au service du mieux être physique et mental de tous?
Deux maîtres mots : Education et Ethique, qu'il faut traduire*

A. en pratique »... Etienne-Emile Baulieu



CHAPITRE II

Revue de littérature

Introduction :

Après avoir fait le tour des concepts règlementaires, et ceux liés à la morphologie urbaine en général en passant par un aperçu sur la réglementation Algérienne urbaine en vigueur, il est estimé indispensable de procéder au niveau de ce chapitre à une présentation succincte et ciblée des différentes approches et recherches ayant trait au présent sujet de recherche. Etant compliquée et vaste, la thématique relative à la réglementation urbaine en matière de densité et son rapport avec les paramètres environnementaux et climatiques a été abordée (et ceci à travers une lecture et une collecte assez diversifiée dans le cadre d'une recherche bibliographique) par le biais de plusieurs méthodes afin d'aboutir à des finalités différentes selon l'objectif prédéfinie par chaque chercheur. Ainsi, on était dans l'obligation de se pencher d'abord sur la question urbaine et morphologique du point de vue de la réglementation, et dans ce cas, l'objectif était d'analyser et d'interpréter et en même temps sélectionner les résultats des travaux d'urbanisme et de géographie urbaine. Cette phase a contribué à l'estimation de l'ampleur du sujet surtout parce qu'il s'est avéré large et qu'il touche une échelle grande et globale avant d'arriver à l'échelle urbaine.

Ensuite, la recherche et l'intérêt ont été orientés vers les ouvrages et les travaux traitant de l'articulation entre les deux dimensions urbaine et environnementale voire climatique et microclimatique. A ce niveau, l'objectif mis en place tout à fait au début était d'arriver à un constat sur les différentes méthodologies d'approche ainsi que sur les interprétations des différents chercheurs et auteurs d'ouvrages quant aux résultats déduits. Toutefois, et vu la grande quantité de documents consultés, il était important de procéder à une sélections de ceux-ci afin de s'accrocher sur les approches les plus pratiques et qui sont liés directement à des cas d'études prédéfinis.

Donc ce chapitre est dédié à une revue de littérature liée à notre thème de recherche. Un diagnostic des recherches traitant le même axe aura lieu dans le but de balayer les résultats les plus récents ayant trait au rapport entre la densité urbaine et le microclimat. Ainsi, de Rotterdam à Nantes et de Québec à Amman en passant par Alger et bien d'autres villes, urbanistes et architectes, se trouvent réunis autour de cette grande problématique en rapport avec une réglementation architecturale et urbaine qui prend en compte d'une façon directe et réelle les aspects environnementaux.

Donc, et malgré que cette réflexion ne fût pas prioritaire durant les dernières décennies, elles trouvent maintenant une prise en considération remarquable. Cet intérêt n'a

pas seulement une relation avec l'idée de vouloir se brancher vers l'exploitation des énergies renouvelables pour une économie d'énergie, mais également de chercher une façon d'occupation du sol et un aménagement urbain offrant les meilleurs droits à construire. Ceci dit que la planification spatiale d'un tissu urbain ou l'organisation d'un plan de masse du point de vue emprise au sol, hauteur des constructions et éloignement de celles-ci les unes par rapport aux autres lorsqu'ils sont associés à cette notion de climat local ou celle du microclimat urbain, doivent en fin de compte satisfaire un certain confort des usagers. Ce dernier se traduit par un bien être thermique certes mais aussi psychologique et fonctionnel. Ainsi, on se trouve souvent dans l'obligation de remettre en cause une partie ou même la totalité de la proposition d'aménagement en question.

Suite à quoi, les acteurs dans le domaine de l'aménagement urbain ont commencé depuis déjà des années à explorer un nouveau domaine dans le but de pouvoir évaluer la réalité et la qualité environnementale des centres urbains existants et aussi proposer des nouvelles solutions à des problèmes découverts. Il s'agit de la modélisation numérique liée à des simulations en exploitant des modèles divers dont le fonctionnement se fait sur la base de données climatiques et atmosphériques assez proches de la réalité. Ainsi, et suite à des investigations et des recherches minutieuses, il s'avère qu'un grand nombre d'études et de travaux sont déjà élaborés et publiés. L'apport scientifique constaté au niveau de la majorité de ces recherches est d'une importance considérable surtout qu'une bonne partie d'entre elles a été la base de projets conçus et réalisés sur terrain. D'autre part, les résultats obtenus reflètent l'efficacité et la précision de cette nouvelle vision et cette méthodologie de recherche certainement prometteuse. Les chercheurs modélisateurs dans le domaine de l'architecture et de l'urbanisme sont arrivés jusqu'à la définition des détails d'organisation des constructions, de retrait par rapport aux voies de circulation, du prospect...etc. la densité urbaine objet de notre recherche a eu sa part dans le domaine de la modélisation. Toutefois, il existe également certains chercheurs qui ont exploité d'autres outils tels que les différents diagrammes et même des programmes numériques non pas de simulation mais qui assurent une conception assistée par ordinateur (CAO) qui pourra être par la suite exploitée en vu d'une simulation.

Il est clairement prouvé que la réglementation urbaine climatique fût l'intérêt récent de beaucoup de chercheurs. Ce chapitre est consacré à la mise au clair de certains travaux triés parmi d'autres en vu de démontrer le rôle que peut jouer la modélisation liée la simulation numérique et à l'investigation in-situ afin d'assister les acteurs du fait urbain dans leurs tâches et arriver à la mise en place d'une réglementation urbaine dans un contexte environnemental adéquat. De ce fait, une série d'études et recherches seront abordées lors de ce chapitre. La

notion de densité urbaine est toujours présente. A été abordé également le problème de la réglementation urbaine en matière d'ensoleillement ou autrement dit "le droit au soleil" avec tout ce qui s'en suit du point de vue : Ambiances thermique en l'occurrence.

Enfin, le COS et le CES étant deux indicateurs de densité urbaine, ont été traités et évalués à travers certaines études sur la base de données climatiques et microclimatiques réelles. Toutefois, il est important de préciser que le taux d'études et de recherches consacrées à ces deux indices d'une façon directe est assez faible. Si certains chercheurs ont accentué leurs réflexions sur l'un d'eux, il est constaté que le COS et le CES, n'ont été analysés simultanément que rarement.

1. L'intérêt de la réglementation urbaine:

La réglementation urbaine est d'abord définie par **Brahim Nouibat (1997)**, comme étant l'ensemble des mesures légales et réglementaires régissant l'utilisation et l'occupation du sol en assurant les objectifs de protection de l'environnement. D'autre part, il a été précisé que cette réglementation n'est pas seulement une composante de l'urbanisme, elle constitue aussi une branche du droit public regroupant les règles qui gouvernent l'activité des personnes agissant dans l'intérêt général (**Jacquignon. L, 1978**). L'intérêt de la réglementation urbaine a été lié au contexte environnemental et climatique par plusieurs chercheurs à l'exemple de **Jean Charles Depaule et al (1977)** et **Madiot. Y (1979)** qui sont arrivés à lier la notion de confort climatique au niveau des rues et des places publiques aux différents paramètres morphologique voire géométriques des constructions en l'occurrence : la relation entre la hauteur du bâtiment et la largeur de la rue, ainsi que l'implantation de ce bâtiment par rapport à l'axe de la voie. Ils ont également abordé la notion du COS et du CES. Dans une perspective de protection de l'environnement, **Stemers. K. A (1993)** a à son tour avancé que la préservation de l'environnement urbain est traduite par les dispositions relatives au bon choix du site d'implantation.

2. La densité urbaine, diversité d'approches:

a. La densité urbaine du point de vue réglementaire et morphologique:

La définition de la densité urbaine semble être difficile voire complexe à plusieurs disciplines et domaines. En effet, il n'existe pas une seule densité, mais des densités : La densité brute ou nette, la densité désirée ou acceptée, la densité réelle et vécue...etc. (**Patrice Duny, 2008**). Néanmoins, **Laure Der Madirossian (2010)**, nous offre à travers un travail d'ordre purement instructif et pédagogique et avec une grande fluidité l'occasion de résumer et de synthétiser toutes les notions et interprétations visant à définir ce concept en indiquant que « *La densité urbaine est un rapport entre un indicateur statistique et une surface* ». En analysant les différents types d'occupations du sol en matière d'habitat en passant des lotissements pavillonnaires aux grands ensembles, des tissus haussmanniens à l'habitat collectif et des centres d'agglomérations aux périphéries (Figure n°1), il est important de retenir les quatre détails descriptifs de la densité mis en place par le chercheur à savoir que la densité ne correspond pas à des formes urbaines spécifiques ni forcément à de grandes hauteurs et que c'est la compacité et la continuité du bâti qui sont à corréliser avec la densité

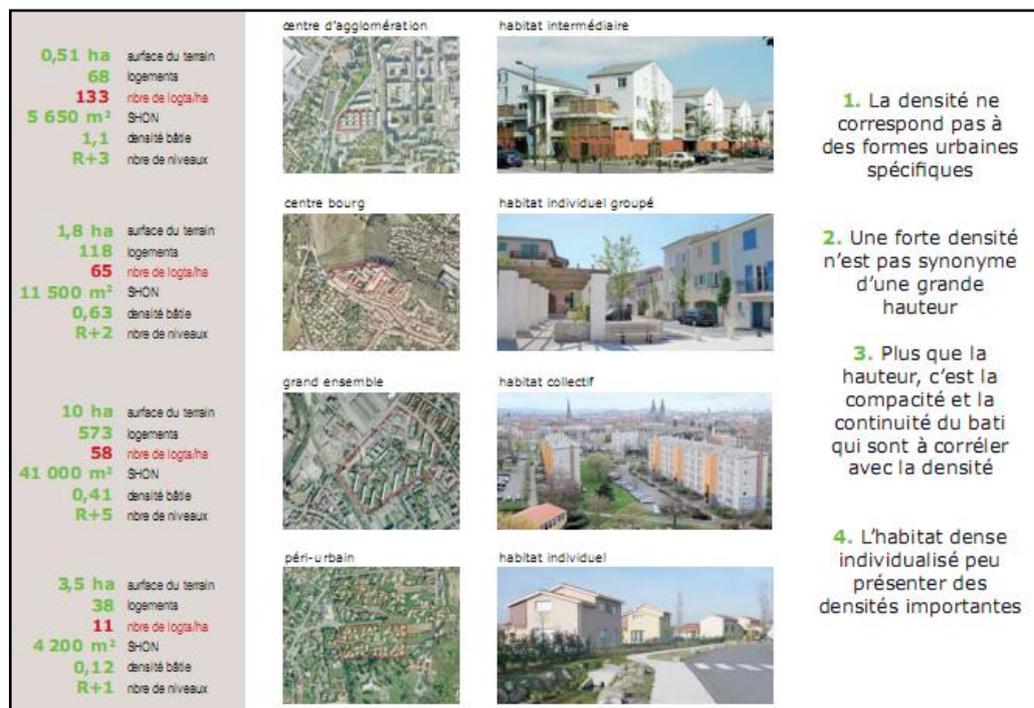


Figure n°1 : Densité comparée de quatre typologies d'habitat
Source: Laure Der Madirossian, 2010

D'autres parts, lors de l'élaboration des travaux de recherches dans le but de trouver un compromis entre la réglementation urbaine et la qualité environnementale en général et climatique en particulier, on se trouve mêlé à plusieurs soucis liés à cette science contemporaine dérivée de l'urbanisme appelée « **Développement Urbain Durable** ». Le DUD est présenté comme une solution de remplacement au développement industriel traditionnel de la ville (**Maude Cournoyer, 2015**), où la dimension environnementale occupe une importance et un privilège. La ville durable est maintenant un idéal à atteindre. Ainsi, le réseau « Action-climat de France » a touché lors de sa recherche relative à l'impact de l'étalement urbain sur l'environnement d'une façon directe aux instruments d'urbanisme surtout dans leur côté réglementaire et leur dimension environnementale en se posant la question : Comment peut on construire un projet d'aménagement et de développement durable et le traduire réglementairement en droit d'usage du sol et en une densité perçue et pouvoir ainsi lier efficacement les objectifs de l'urbanisme à ceux de la protection de l'environnement et traduire tout ça sous forme de réglementation qui a la force de loi ?

En conclusion, on a déduit que cette stratégie d'aménagement durable doit se faire non pas dans le cadre d'une métropolisation de plus en plus forte, qui augmente la dépendance de territoires de plus en plus nombreux à quelques aires urbaines. Il s'agit au contraire de tendre vers un rééquilibrage des territoires, permettant une nouvelle image aux agglomérations (**Action-climat de France, 2011**).

Agglomérations denses ou compactes, étendue ou aérée, elles peuvent être lues et interprétées selon une multitude de paramètres. Cependant et dans tout les cas, le COS et le CES demeurent à la tête des indicateurs de lecture et d'évaluation des différentes configurations urbaines. Ainsi, et bien que le COS et le CES sont deux indicateurs disant inséparables et très affectés l'un par l'autre, chacun d'entre eux doit en effet prendre sa part d'analyse, de diagnostic et d'évaluation. Certains chercheurs se sont accentués sur les effets de la densité horizontale en traitant l'impact que ça peut engendrer notamment sur la consommation du foncier (**V. Fouchier, 2006**). Donc, il s'agit dans leur esprit du « CES » en tant qu'indice exprimant une densité horizontale qui a la même valeur que le COS. Certains se sont même intéressés au CES dans ses deux cas : brut et net (**Khalissa Hamel et Said Mazouz, 2007**). D'autres par contre donnent une plus grande importance à la densité en hauteur et pour cela, ils mettent en valeur surtout le « COS » comme expression de la troisième dimension de la morphologie et de la géométrie des tissus urbains (**Rémy Allain, 2004**)

Une recherche de **Sylvain Pérignon (2012)** vient en effet se positionner à la seconde catégorie. Il prend en charge le COS du point de vue de la réglementation urbaine et précisément de celui des instruments d'urbanisme en l'occurrence le « POS ». Ainsi, cette recherche et en abordant la densité urbaine s'est accentuée uniquement sur le COS. Ceci est argumenté par le fait que les textes réglementaires insistent sur cet indicateur en tant que norme de projection future et également d'évaluation de la densité des tissus existants ce qui est identique au cas Algérien (**Décret exécutif n°91-175 du 28/05/1991**). A cet effet, l'auteur remet en cause la rigidité des instruments d'urbanisme et demande à la fin plus de flexibilité et de rigueur. Il est constaté que la réglementation urbaine reflétée par les différents instruments et actes d'urbanisme traite et oriente la densité urbaine pour le seul souci de la maîtrise de la consommation des terrains et de la réponse aux besoins de la population. La question environnementale reste non prioritaire.

Dans ce même contexte, une approche assez minutieuse a été abordée par un groupe d'urbanistes chercheurs Algériens de la **Collection d'Architecture et d'Urbanisme (1990)** et à travers laquelle on a bel et bien précisé que le droit à construire indique la densité de constructions autorisée. Ce droit ont-ils ajouté est déterminé par le coefficient d'occupation au sol (COS) et le coefficient d'emprise au sol (CES) ensemble sans séparer l'un de l'autre.

Le développement technique, technologique et numérique dans le domaine de la recherche connaît de l'ampleur ces dernières années. Ainsi, dans le domaine de l'urbanisme et

de la planification urbaine à titre indicatif, la modélisation, la simulation, les systèmes d'information géographique et d'autres outils deviennent de plus en plus disponibles et efficaces, notamment quand t-il s'agit de jumeler une recherche à caractère urbain à un domaine complexe et sensible tel celui de la climatologie urbaine (**Stemers, K .A et al, 2005**). L'exploitation d'outils numériques et technologiques de pointe permet donc d'aboutir à des résultats d'analyse et d'investigation d'abord en peu de temps et avec un degré de fiabilité souvent prouvé et ensuite d'arriver à des résultats et des recommandations d'une valeur théorique et aussi opérationnelles pouvant contribuer à consolider la recherche.

A l'identique de la recherche de Sylvain Pérignon , une approche menée par **S. Hattab et M. Ziane (2003)**, met l'accent sur le COS et le décrit comme «*Elément essentiel de la boite à outils de l'urbanisme opérationnel, il influe sur la composition morphologique du tissu urbain, particulièrement les unités d'habitations, et détermine, de ce fait, le droit à construire*». Le COS donne selon ces chercheurs des résultats plus précis que ceux basés sur la notion de nombre de logements à l'hectare (Nbre.logt/ha). Ainsi, cette recherche sur le COS est venue contribuer à la promotion des techniques modernes de la gestion urbaine a Alger. L'objectif était de développer un programme appelé également « COS », pour la mise à la disposition des acteurs et des décideurs d'un outil d'aide et d'assistance vu que les administrations publiques chargées de l'acte urbain maîtrise très peu la gestion urbaine de leurs territoires en raison du manque de moyens notamment techniques et technologiques.

Les chercheurs ont réussi une grande tâche de modélisation à travers ce modèle. Ce dernier est caractérisé surtout par son interactivité avec plusieurs programmes notamment le Système d'Information Géographique (SIG). Cet outil fût exploité par plusieurs chercheurs à l'exemple d'Adolphe, L (**Adolphe, L. & al, 2011**). Le travail consistait en une plate-forme baptisée, « Morphologie » qui est basée sur le système d'indicateurs environnementaux. Ces indicateurs ont été regroupés en trois domaines : bâtiment, transport et végétation. A chacun de ces domaines, des indicateurs morpho-métriques et des indicateurs énergétiques ont été attribués pour former toute une base de données urbaine. Cette dernière une fois défini doit décrire les éléments constitutifs de l'espace urbain : le bâtiment, les espaces publics et l'organisation spatiale. (**Colombert, M. 2008**).

Ainsi la finalité du SIG visé par le chercheur est de répondre au contexte complexe de la décision urbaine adaptée aux exigences du développement urbain durable.

b. La densité urbaine du point de vue morpho-climatique :

L'adoption de la méthode comparative dans le traitement de la problématique relative à l'impact de la densité urbaine sur le microclimat urbain s'avère d'une grande efficacité vu qu'elle offre la possibilité de mettre en place plusieurs hypothèses de recherche ouvrant ainsi la réflexion sur plusieurs champs (**Karin Grundstrom et al, 2003**). **Ahmed Ouameur Fouad (2007)** en comparant trois tissus urbains de la ville de Québec (Figure n°2) ayant des caractéristiques physiques variées (densité bâtie, SVF, albédo, ...etc.), a exploré la diversité de l'environnement thermique et visuel en milieu urbain. Le but est de démontrer l'effet de cette dynamique environnementale sur la perception des ambiances thermiques et visuelles d'un piéton. Il est démontré qu'une relation étroite existe entre le confort thermique et la densité de chaque site en définissant plusieurs niveaux d'adaptation caractérisant un parcours urbain pendant une journée typique d'été et l'automne.



Figure n°2: Situation des trois sites étudiés par A.O.Fouad
Source : Ahmed Ouameur Fouad, 2007



Figure n°3: Coupe illustrant les trois sites étudiés
Source : Ahmed Ouameur Fouad, 2007

D'autre part, et à l'échelle du bâtiment, il est important de penser à optimiser l'utilisation de l'énergie solaire de celui-ci grâce à des stratégies de conception architecturale. Cela devrait conduire à la mise en place de réglementations obligatoires sur les tissus urbains d'abord. Cette approche fût l'objet de recherche de **Hussain H. Alzoubi (2010)**, qui a mené une étude analytique de la réglementation du bâtiment appliquée à la ville d'Amman en

Jordanie. Elle suggère de nouvelles normes qui garantissent l'accessibilité adéquates du soleil. L'intérêt de cette recherche c'est qu'elle dessine clairement et d'une façon flexible les lignes directrices pour les concepteurs urbains et architecturaux afin de déterminer le nombre d'étages ensoleillés sur la base des distances entre les blocs en question. Pour atteindre les objectifs de cette étude, le chercheur suggère que la réglementation actuelle en milieu urbain en Jordanie doit être modifiée en prenant en compte de nouvelles stratégies de conception basée sur l'énergie (Figures n° 4,5,6,7 et 8).

La problématique du « droit au soleil » traitée par cette étude, nous rappelle par son principe d'investigation le travail de recherche de **I.G. Capeluto, A. Yezioro, T. Bleiberg et E. Shaviv (2006)** et celui de **Arunava Sarkar (2009)** qui ont proposé deux méthodes de conception climatique basées sur la conception d'enveloppes solaires apte à satisfaire les besoins d'ensoleillement en été et en hiver selon des limites temporelles et spatiales prédéfinies.

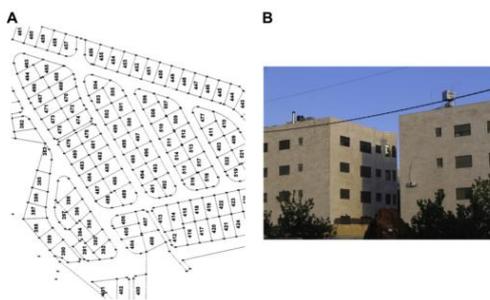


Figure n°4 : Plan parcellaire étudiés par Alzoubi
Source : Hussain H. Alzoubi, 2010

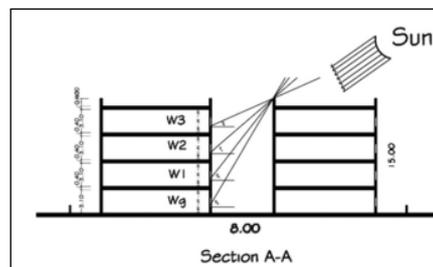


Figure n°5 : Coupe indiquant la relation entre l'ensoleillement des bâtiments et l'insolation solaire maximale possible
Source : Hussain H. Alzoubi, 2010

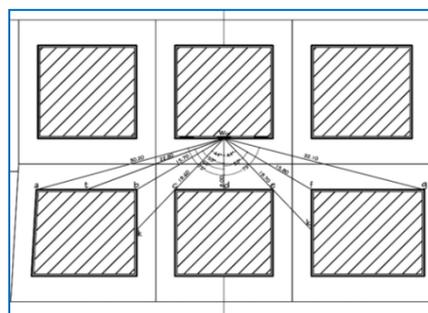


Figure n°6 : Illustration de l'échelle détaillée étudiée par Alzoubi
Source : Hussain H. Alzoubi, 2010

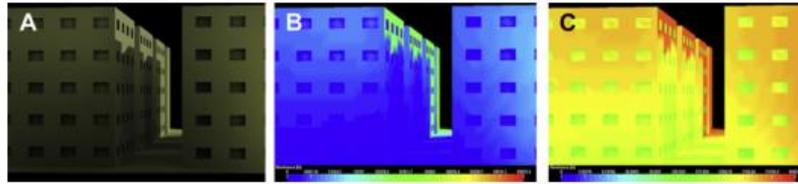


Figure n°7: Exemple de simulation effectuée le 15 Novembre afin d'évaluer l'impact de la hauteur des constructions sur l'accès du soleil : A) plain projected sunlight, B) linear analysis of sunlight done by lightscape, and C) logarithmic analysis of sunlight projected on building facades.
Source : Hussain H. Alzoubi, 2010

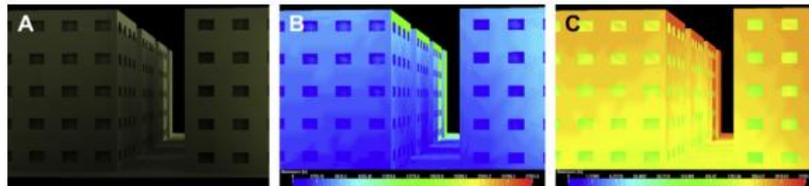


Figure n°8: Exemple de simulation effectuée le 21 Décembre afin d'évaluer l'impact de la hauteur des constructions sur l'accès du soleil : A) plain projected sunlight, B) linear analysis of sunlight done by lightscape, and C) logarithmic analysis of sunlight projected on building facades.
Source : Hussain H. Alzoubi, 2010

En conclusion de ce travail, il a été recommandé aux décideurs dans le domaine de la planification urbaine de la nécessité de revoir la réglementation urbaine en vigueur en prenant en compte les droits d'ensoleillement des usagers. Toutefois, il est important de signaler que cette approche devra être appliquée à une échelle « micro ». C'est d'ailleurs l'une de nos déductions au niveau de notre cas d'étude où il s'est avéré que même si l'approche globale traitant l'effet de la densité sur le microclimat voire l'ensoleillement est importante, une réflexion au niveau de la parcelle s'impose (**Rémy Allain, 2004**) afin de définir la géométrie adéquate à un mètre près offrant une telle densité pour un tel microclimat.

L'espacement entre les constructions et la hauteur de celles-ci étaient également les paramètres morphologiques de base. En résumé, la densité urbaine est une thématique qui peut être traitée à différentes échelles or une approche territoriale s'avère parfois indispensable. Ainsi, **Noémie Gauthier (2014)**, au niveau de sa recherche a suivi cette hiérarchie en débutant par une étude géo-spatiale des quatre plus grandes villes européennes : Londres, Paris, Berlin, Istanbul, intégrant 25 configurations urbaines pour chaque ville. Enfin, et suite à une simulation à l'aide du Système d'information géographique (SIG), il a évalué les besoins énergétiques sur les 25 échantillons pour conclure à la fin que les facteurs urbains estimés être clés pour l'analyse des besoins énergétiques sont les suivants (Tableau n°1):

Le paramètre considéré...	Fait varier la consommation d'énergie de manière...	De sorte que...	Coefficient de corrélation
Occupation du sol $CES=S_{21}/S_{21a}$	Paramètre qui s'est révélé être inintéressant		
Densité $FAR=SHOB/S_{21a}$	logarithmique	plus la densité augmente, plus les consommations diminuent	R=0,7
Compacité $C=S_{21a}/V$	linéaire	plus S/V augmente, plus les consommations augmentent	R=0,8
Hauteur moyenne	logarithmique	plus la hauteur augmente, plus les consommations diminuent	R=0,88

Tableau n°1: Les facteurs urbains à prendre en compte pour l'analyse des besoins énergétiques selon Noémie Gauthier
Source : Noémie Gauthier, 2014

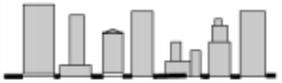
A la fin, Noémie Gauthier a déduit la nécessité de Privilégier les typologies urbaines de densités moyennes à élevées, assurer pour cela une densité minimale : $COS > 1$, La hauteur bâtie se révèle être un indicateur morphologique qui a une incidence directe sur les besoins énergétiques. Egalement il a recommandé un rapport "S/V" (Surfaces des façades/Volume) $< 0,2$ car une bonne compacité engendre de faibles besoins énergétiques.

Le recours à la modélisation et à la simulation dans la recherche notamment dans le domaine de l'architecture et de l'urbanisme et en rapport en particulier avec la conception climatique et bioclimatique demeure encore une fois une solution aux différents problèmes et un outil d'investigation très important (Steemers, K .A et al, 2005). La consommation énergétique des bâtiments est l'une des préoccupations majeures des chercheurs qui se sont fixés comme objectif la recherche de solutions notamment passives afin d'atteindre les conditions d'une véritable conception à faible consommation d'énergie et assurer également le transfert des résultats de recherche vers la pratique d'un projet réel mettant en place des règles de conception climatique urbaine ayant comme finalité l'économie d'énergie. Pour cela, un bâtiment objet d'une telle recherche devra être pris en compte dans un contexte environnemental plus large où la nature du climat et du microclimat jouent un rôle déterminant (Karin Grundstrom et al, 2003).

Ainsi, Julien Bouyer (2009) s'est fixé comme objectif le développement d'un outil de simulation des microclimats à partir d'une modélisation physique en donnant à cet outil la possibilité d'évaluer la consommation d'énergie des bâtiments en particulier. L'impact de l'aménagement sur le microclimat urbain est le principal axe traité par la présente recherche. En exposant le phénomène de l'îlot de chaleur urbain, il est inévitable que le chercheur aborde la problématique de la morphologie urbaine notamment les notions de classe de rugosité, la

géométrie des canyons qui a un effet direct sur le régime des flux et les échanges thermiques et radiatifs ainsi que la fraction de surface bâtie qui représente la proportion de surface couverte par les éléments construits (bâtiments, rues, pavage et autres revêtements imperméables). Afin de projeter les résultats de recherche sur la réalité et opter pour des normes de conception urbaine climatique, il a fallu à travers ce travail réfléchir sur une approche méthodologique dans le but de proposer un indicateur dit « Morpho-climatique » pouvant associer les différentes configurations d'une morphologie urbaine existante aux différents paramètres microclimatiques (Tableau n°2). Tel était l'objectif visé par le chercheur.

Une connaissance aussi bien large que profonde sur la dimension urbanistique et réglementaire de toute intervention urbaine doit être présente, mais aussi la maîtrise des connaissances climatiques et microclimatiques d'une localité urbaine et énergétiques des bâtiments est d'une grande importance. Reste qu'une telle approche est certainement spécifique, sensible et difficile à maîtriser. Néanmoins, le recours à la modélisation et à la simulation numérique contribue largement à affiner cette approche (Steemers, K .A et al, 2005) afin d'atteindre les objectifs fixés.

Zone climatiques urbaines	Image	Classe de rugosité	Rapport d'aspect du canyon	% construit (imperméable)
Croissance urbaine intense avec des variations importantes des hauteurs de bâtiments (présence de tours)		8	>2	>90
Croissance intense à forte densité avec hauteurs homogènes et bâtiments proches (Utilisation de la brique et de la pierre)		7	1.0-2.5	>85
Croissance importante, densité moyenne, Bâtiments espacés (habitations urbaines...)		7	0.5-1.5	70-85
Croissance importante, densité moyenne, bâtiments bas, sols pavé (centres commerciaux...)		5	0.05-0.2	70-95
Croissance moyenne, densité faible avec 01 à 02 rangées de maisons (périphérie urbaine)		6	0.2-0.6 (plus de 1 avec arbres)	35-65
Paysage ouvert, succession d'espaces verts et de bâtiments étendus, usages divers (aéroports, universités...)		5	0.1-0.5 dépend des arbres	<40
Site semi-rural avec des habitations éparpillées sur un sol agricole (fermes...)		4	>0.05 dépend des arbres	<10

 Bâtiments  Arbres  Sol imperméable Sol perméable

Tableau n°2: Classification simplifiée des formes urbaines hiérarchisées selon leur effet potentiel sur le Climat local
Source : Julien Bouyer ,2009

Enfin, il est conclu que la morphologie urbaine peut être source de phénomènes radiatifs et aérodynamiques. L'échelle de ces phénomènes se situe entre une échelle

microclimatique définie précédemment et l'échelle de la ville. La diversité des critères, les phénomènes en jeu font que l'impact de la morphologie urbaine sur le climat est un phénomène complexe. Les travaux de recherche se sont particulièrement intéressés à la mise en œuvre d'indicateurs morpho-climatiques pour caractériser les espaces urbains à cette échelle intermédiaire.

La recherche d'indicateurs morpho-climatique devient un sujet d'actualité. Ainsi, lier la morphologie urbaine au contexte climatique fait l'objet ces dernières années de multiples recherches. Ces approches faisant de la morphologie urbaine une science à part entière prennent en compte des entités urbaines assez vastes qui peuvent consister en une ville entière ou des parties larges de villes tel que définie par Rémy Allain en notant que : « *La morphologie urbaine est l'étude de la forme physique de la ville, de la constitution progressive de son tissu urbain [...]: Rues, places et autres espaces publics* » (**Rémy Allain, 2004**). De ce fait, la morphologie urbaine intègre inévitablement des configurations spatiales et géométriques riches et variées. La recherche de **Mohamed Benzerzour (2004)** porte ainsi sur l'analyse diachronique des interactions entre les paramètres physiques du microclimat et les transformations urbaines dans le centre ancien de Nantes. Pour cela, Des simulations numériques ont été réalisées à l'aide du modèle climatologique TEB, développé par le **Centre National des Recherches Météorologiques (CNRM)** de Toulouse. Cette efficacité des transformations urbaines sur le microclimat a permis au chercheur d'établir des corrélations entre les principaux paramètres d'intervention sur la ville (ouverture des vides urbains et minéralisation) et les phénomènes micro climatiques urbains. Ces corrélations ont été ensuite exploitées pour construire un indicateur morphologique permettant la caractérisation du microclimat urbain dans un projet de transformation urbaine. L'indicateur mis en place est appelé « Ouverture directionnelle » et il est applicable à plusieurs échelles spatiales et permet une caractérisation de l'espace (rue, place, cours, quartier, ensemble bâti) et du microclimat urbain. Le chercheur fait référence à travers cette réflexion à l'approche pertinente et déjà assez ancienne de **Trélat (1887)** qui a traité de l'influence directe du rapport hauteur/largeur de la rue sur l'éclairage et le réchauffement naturel des édifices (Figure n°9).

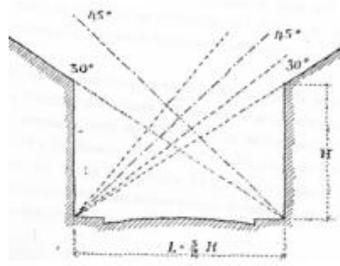


Figure n°9 : Largeur de rue déterminée selon la portion profitable du ciel » (30° à 75°)
Source : Trélat, 1887

Le principal résultat de cette évaluation physique a été de constater une augmentation considérable des flux de chaleur, une croissance progressive de la température de l'air et des surfaces, une augmentation de la vitesse du vent, ainsi qu'une déshumidification importante des espaces de ce centre. **Mohamed Benzerzour (2004)** recommande aussi une densification en un même volume bâti de plusieurs logements au lieu de les étaler en surface (Figure n°10). Au-delà de l'économie d'énergie, cette organisation permet également d'économiser les matériaux, l'emprise au sol et le coût de la construction.

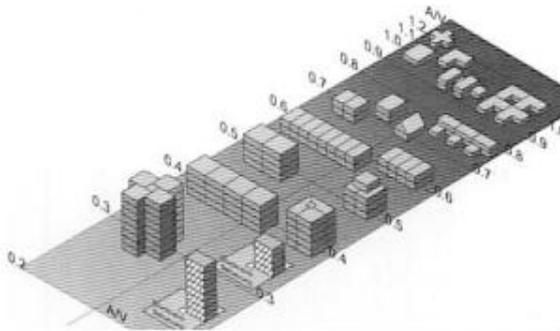


Figure n°10: Potentiel d'économie d'énergie selon la densité des bâtiments
(plus la valeur est importante plus le bâtiment consomme de l'énergie)
Source : Gauzin-Muler 2001

Le début de la plupart des réflexions sur l'impact de l'urbanisme moderne sur le climat urbain met l'accent sur le phénomène de l'îlot de chaleur urbain (ICU) comme moteur principal des modifications microclimatiques de tailles (**Joëlle Goyette-Pernot et Raphaël Compagnon, 2003**). Toutefois, il est connu que ce phénomène ne se traite qu'à une grande échelle voire une étendue géographique large à l'exemple de toute une ville (**Dana Taleb, 2011**), pour cela, Les urbanistes, et les architectes se sont trouvés face à l'enjeu d'élaborer des méthodes à deux échelles : ville et entité urbaine réduite, afin de lier d'une part les problèmes de toute l'agglomération urbaine à l'espace urbain vécu par la population (**Mestayer P.G, Anquetin S, 1994**) et (**Najjar G et al, 2005**) et d'autres par diminuer l'impact de l'urbanisation sur le microclimat et sur la sensation thermique des usagers de cet espace urbain public (**Nunez et Oke, 1977**).

Stella Tsoka (2011) s’aligne donc à cet objectif. Le but final est l’étude des caractéristiques morphologiques du milieu urbain en relation avec le microclimat et le confort thermique des piétons dans les espaces extérieurs. Pour cela, l’étude a été menée au sein de trois quartiers urbains sur la ville de Nantes et sur Lyon. La finalité de cette approche est d’analyser de quelle manière la morphologie de trois nouveaux projets urbains agit sur les conditions microclimatiques et comment le confort thermique est-il affecté. Les indicateurs à lesquels, le chercheur a donné une grande importance sont La compacité, la densité d’occupation du bâti, la densité volumique, la porosité ainsi que L’indicateur morpho-climatique “Surface totale pondérée de Facteur de Vue du Ciel (FVC). Les indicateurs morpho-climatiques sont des descripteurs qui combinent la morphologie urbaine avec les performances climatiques et environnementales des formes urbaines, ainsi, l’utilisation d’une gamme d’indicateurs de forme permet de faire des liens avec les performances environnementales, exemple : l’influence de la géométrie des bâtiments sur l’ensoleillement, le vent, ou le bruit dans un espace ouvert (**Nikolopoulou, 2014**). L’indicateur morpho-climatique appliqué à cette étude est exprimé en fonction de la visibilité vers le ciel et plus spécifiquement, en fonction du FVC. Pour une façade donnée, plus important est le FVC, plus grand est le taux d’énergie diffus apporté sur cette façade. La quantité d’énergie reçue, en relation avec les propriétés thermiques et lumineuses des surfaces aura un impact sur la température des surfaces du projet. L’indicateur retenu, est calculé pour les façades qui ont la même orientation (**Stella Tsoka, 2011**) : Les résultats obtenus ont montré que la morphologie des trois tissus urbains modifie d’une manière différente les conditions microclimatiques qui sont liés au confort thermique des usagers.

La recherche de Stella Tsoka fait appelle aussi à celle de **Fazia Ali Toudert (2007)** qui a bel et bien précisé qu’il existe de nouvelles formes urbaines dérivées de la forme initiale et connue de la rue notamment du type canyon. : Le profil avec des galeries, la forme assymétrique qui a une grande accessibilité au soleil et la forme assymétrique surplombante (Figure n°11). Ces nouvelles configurations ont été comparées avec la forme de référence afin d’étudier la relation de leur géométrie avec les conditions microclimatiques et le confort thermique en espaces extérieurs. Fazia Ali Toudert a déduit que les façades surplombantes sont plus confortables thermiquement pour les orientations Nord-Sud et Nord-Ouest/Sud-Est. L’utilisation des galeries quant à elle génère des conditions confortables pour les orientations Nord-Sud et Nord-Ouest/Sud-Est.

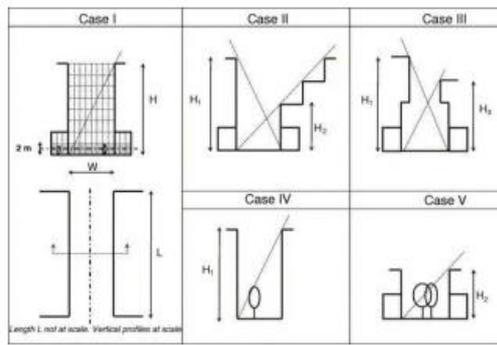


Figure n°11 : Différents profils de rue : rue canyon (case I), profil de galeries(case II), forme asymétrique surplombante (case III), rue canyon plantée d'arbres (case IV), (caseV)
Source : Fazia Ali Toudert, 2007

Il s'avère également qu'il y a une forte relation entre la morphologie urbaine, exprimée par des indicateurs et le microclimat des villes (**Mohamed Djaafri, 2014**). Les formes urbaines analysées, interagissent avec le climat des villes modifiant ainsi ses paramètres. L'augmentation de la densité volumique favorise la compacité du projet, ce qui se traduit par une diminution des surfaces exposées au rayonnement solaire (**B. Nouibat & A. Tacherift, 2007**). Le flux d'énergie solaire stocké et puis réémis vers l'environnement sera plus faible et n'augmentera pas la température de l'air ambiant (**Karin Grundstrom, 2003**).

L'évaluation de l'effet de la morphologie urbaine sur le microclimat ne peut être dissociée de l'usager qui est le facteur clé de toutes les recherches. Ainsi, la notion de bien être et de confort thermique des occupants de l'espace urbain est souvent abordée par les chercheurs mais de façons différentes. La notion de confort implique non seulement des aspects de l'environnement physique lié à la complexité de la morphologie urbaine, mais aussi des aspects liés à chaque personne et relevant de la psychologie, de la sociologie, voire même de l'anthropologie (**Lecorre, Y, 2001**).

Plusieurs indices de confort thermiques extérieur sont mis à la disposition des chercheurs (**F. Oliveira et S. Moreau, 2006**), toutefois, l'application de l'un ou de l'autre dépend des objectifs fixés, et aussi de la nature du climat (**Stella Tsoka, 2011**) et même du positionnement de l'usager lui-même. Cependant, il est bien courant que plusieurs indices sont applicables en même temps, toutefois, il est important de signaler que certains indices de confort ne tiennent pas compte des mécanismes thermorégulateurs du corps humain, ce qui revient à une description des conditions de confort, faiblement réalistes (**A. Matzarakis & H. Mayer, 2008**).

A travers l'une des recherches élaborée par **Qun Dai et al (2014)** l'objectif n'était pas seulement l'évaluation théorique du confort thermique extérieur sur la base de l'indice de confort : Température moyenne radiante (T_{mrt})*, mais, également l'étude de l'effet des différentes formes urbaines sur la variation de cet indice et aussi sur le microclimat en général. Ainsi, l'investigation a concerné deux indices morphologiques primordiaux à savoir la géométrie des rues de type "Canyon" définie par le rapport de la hauteur des constructions sur la largeur de la rue (H/L) et leur orientation. Une simulation numérique a concerné les variations temporelles (Durant 24h pendant une journée chaude d'été) ainsi que la distribution spatiale de la T_{mrt} à travers un canyon urbain dont la géométrie correspond à un rapport H/L= 1 (Figure n°12).

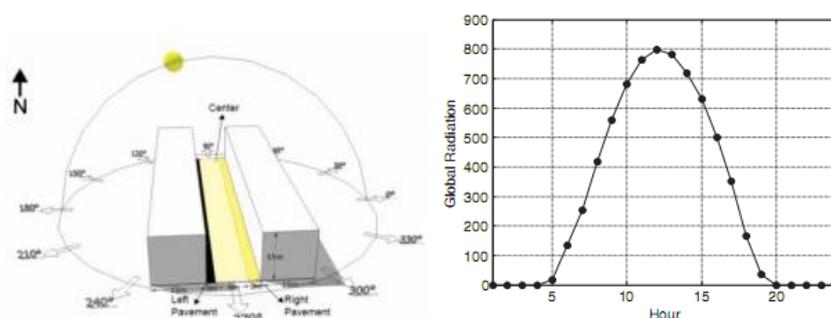


Figure n°12: Simulation du flux radiatif global d'une rue à une géométrie exprimée par un rapport H/L = 1
Source : Qun Dai et al, 2014

Les chercheurs ont proposé des limites à l'indice de confort " T_{mrt} "* pour l'évaluation thermique extérieure. Ainsi, l'ambiance thermique est considérée comme « chaude » quand la T_{mrt} dépasse le seuil de 48°C.

On a pu démontrer à la fin que la configuration urbaine désignée souvent par le concept « morphologie urbaine » qui englobe à son tour une diversité de formes et de géométries urbaines, joue un rôle déterminant dans la définition des valeurs et de la distribution de la T_{mrt} . Cet indice est affecté également par la variation de la température de l'air au niveau de la rue. Le ratio H/L est désormais l'indicateur morphologique principal mis en compte à travers cette recherche. Il est également mis en valeur par **Limor Shashua-Bar et Milo E. Hoffman (2004)**, ainsi que **Fazia Ali-Toudert et Helmut Mayer (2005)**. Une relation Claire apparait entre le confort thermique, la largeur de la rue, l'emplacement de l'observateur et l'orientation. En général il est déduit que des valeurs minimales de la T_{mrt} et par conséquent un meilleur confort thermique sont observés au niveau des rues les plus étroites (**Qun DAI et Marc Aurel Schnabel, 2013**).

Enfin, il y a lieu de citer deux travaux recherches qui ont réussi à marquer leurs empreintes dans le domaine de la climatologie urbaine en l'occurrence pour la mise en places d'autres indicateurs dits cette fois « physico-morpho-climatiques ». D'abord en 1997, fût élaborée l'étude de **Bottema (1997)** qui a voulu à l'aide d'un modèle numérique de simplifier et réduire au maximum la forme urbaine objet de sa recherche. Cette forme est devenue équivalente à une surface bâtie basée sur deux données : la distance entre les constructions et les surfaces des façades de celles-ci (Figure n°13). En conclusion, c'était une traduction qui se veut assez pertinente dans la modélisation de l'effet aérodynamique de la rugosité urbaine (Figure n°13).

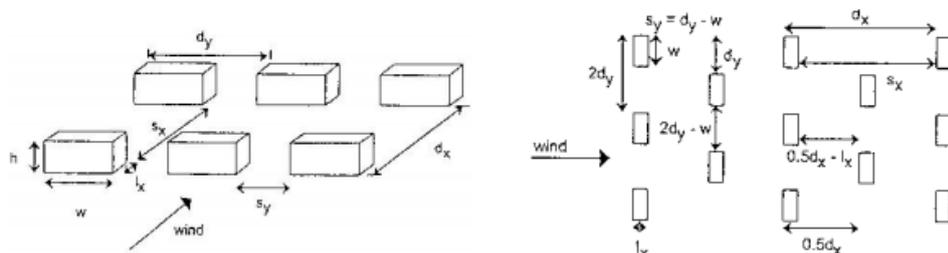


Figure n°13 : Paramètres d'analyse de la rugosité d'une surface bâtie selon Bottema
Source : Bottema, 1997

T.R.Oke et Grimmond (1999) ont de leur côté proposé une modélisation de la surface urbaine par des paramètres morphologiques afin d'en évaluer la rugosité aérodynamique. Leur modèle est basé sur une représentation « régulière » de la forme urbaine, et permet, selon les auteurs, de prédire les propriétés aérodynamiques des villes (Figure n°14). En conclusion, les indicateurs suivants ont été définis : la fraction de surface du toit par la surface du plan de l'élément, la fraction de surface de la paroi au vent par la surface du plan, la fraction de hauteur de bâtiment par la profondeur du dégagement ou le prospect moyen des rues.

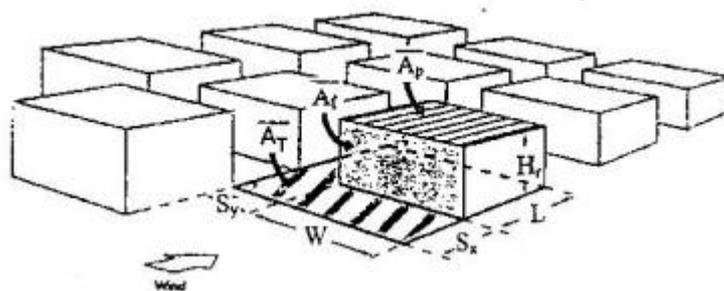


Figure n°14 : Paramètres de l'analyse « morphométrique » de Oke et Grimmond
Source : OKE et al. 1999

Groleau et al, considéraient également que les propriétés morphologiques permettraient de donner des indications sur les propriétés solaires des tissus urbains. Les propriétés étudiées étaient : la hauteur moyenne des bâtiments, la densité moyenne, le niveau

d'homogénéité (forte ou faible), la direction des rues, l'exposition moyenne des façades, la largeur moyenne des rues, le prospect moyen des rues, et la typologie de l'espace ouvert (**Groleau et al, 1995**). En appliquant cette approche sur trois tissus urbains à Nantes, ils ont conclu à la pertinence d'une classification des formes urbaines selon des indicateurs environnementaux

Conclusion :

Suite à cette présentation de certaines études et recherches relatives à la relation entre la notion de densité urbaine et l'aspect environnemental, il est maintenant tout à fait apparent qu'il existe une volonté réelle de la part des scientifiques afin d'arriver à satisfaire une part des besoins des occupants de l'espace urbain. Il s'avère d'après les études sus détaillées que la densité urbaine est un sujet qui englobe une variété de sous thématique. D'ailleurs et selon la définition de la densité urbaine propre à chacun des intervenants dans le domaine de l'urbanisme on constate la divergence des constats et par conséquent des solutions proposées. Certains chercheurs abordent cette thématique dans son contexte global à l'échelle de toute la ville ; d'autres interviennent à une échelle plus détaillée à savoir un fragment de tissus urbains, par contre il existe des chercheurs qui se sont plongés encore dans le détail urbain jusqu'à arriver à discuter du dimensionnement de la rue et de hauteur des constructions.

En ce qui concerne les méthodologies d'approche des recherches citées au niveau de ce chapitre, et après un constat global les chercheurs ont exploité trois approches différentes : la première est le recours à la modélisation et la simulation. La deuxième consiste en l'exploitation de diagrammes et des calculs en se basant sur des équations et formules mathématiques. Tandis que la troisième approche est basée sur l'analyse urbaine notamment typo-morphologiques en procédant en même temps à des mesures des paramètres climatiques et microclimatiques in situ. L'ensemble de ces approches prouvent leurs côtés positifs et efficaces.

Toutefois, et dans tous les cas, il est constaté que dans le domaine de la recherche scientifique, les principes, les méthodes et même les objectifs sont complètement différents de ceux adoptés par les pouvoirs publics. Ces derniers sont pris voire même dépendants de beaucoup de facteurs : financement de projets architecturaux ou urbanistiques, anciennes inscriptions à achever, besoins sociaux qualifiés souvent d'urgents...etc. Pour cela, le chercheur qui cherche sans cesse à trouver les solutions les plus parfaites possibles à des problèmes du quotidiens des gens se trouve hélas confronté à des contraintes diverses. Cette problématique est d'envergure notamment lorsqu'il s'agit de toucher à la règlementation (dans notre cas urbaine) et qui est depuis de longues décennies appliquées d'une façon systématique.

Cependant, et malgré tout, on se trouve plus ou moins rassurés ces derniers temps en constatant la naissance des études voire même des conceptions d'architectes ou d'urbanistes paysagistes entrain de voir le jour sur terrain de plus en plus. La tâche qui reste à assurer c'est

de trouver un terrain d'entente et une complémentarité entre les décideurs et les pouvoirs publics et les chercheurs dans le domaine scientifique dans le but de gérer l'espace urbain sur la base de trois volets : planification urbaine assurant les besoins actuels et futurs des habitants, un aménagement urbain offrant le maximum de fluidité, de visibilité, fonctionnalité et enfin une touche environnementale qui prend en compte le climat de la région et le microclimat du site et enfin une réflexion sur le confort des usagers de l'espace extérieur s'avère indispensable.

*« Pour qu'une forte densité soit acceptée, il faut augmenter la qualité du cadre de vie »
...Laur e Der Madirossian*



*CHAPITRE III
Effets de la densité urbaine sur le
microclimat*

Introduction:

La croissance urbaine est liée à des extensions urbaines inévitables, engendrant un ensemble de facteurs d'ordre urbanistiques, environnementaux et même économiques et sociaux pouvant affecter négativement un écosystème qui doit être préservé. Selon l'ONU, on prévoit que sur 8,1 milliards d'habitants, 4,9 milliards vivront dans les villes d'ici 2030. La population urbaine a connu un accroissement de plus en plus important avec un taux d'urbanisation de 2% prévu à l'échelle mondiale et de 2,6% quant aux pays en voie de développement et cela entre l'an 2000 et 2015 (**Joëlle Goyette Pernot et Raphaël Compagnon, 2003**).

Il s'avère ainsi que le développement des centres urbains lié sans doute à un accroissement démographique, se reflète par une certaine densité des agglomérations. Cette dernière si elle est évaluée par certains sur la base de la concentration humaine par unité de surface ne peut en aucun cas être dissociée d'une densité des constructions de plus en plus importante. La densité du cadre bâti qu'il soit formel ou informel, planifié ou spontané, donne déjà une première lecture de la morphologie urbaine d'une ville.

Cette intensification de l'urbanisation associée à un cadre bâti de plus en plus dense, a apporté dans son sillage beaucoup de changements jusqu'ici méconnus non seulement sur les humains (maladies liées aux encombrements et à la pollution), mais également sur d'autres formes de vie en générant des changements physiologiques de la flore urbaine et de la faune relatifs à leur croissance et leur diversité (**Rahim Aguejdad, 2009**).

Ainsi, et en ce qui concerne la santé humaine, divers travaux ont mis en évidence la persistance d'un degré de risque significativement plus élevé de développer une schizophrénie² à titre d'exemple, et ceci pour les personnes ayant grandi en zones urbaines denses. Sur cette base, il semble donc bien établi que le fait de vivre en milieu urbain augmente le risque de développer cette maladie (**F. Vandendriessche, 2010**).

D'autre part, la densité de population, les performances exigées au travail, les déplacements des transports en commun ou les bouchons de circulation peuvent hausser considérablement le niveau de stress. Un stress trop grand ou mal géré peut causer, à long terme, des maladies cardiaques, du surmenage, de la fatigue physique et une fragilité causant une moins grande résistance à différentes maladies (**F. Vandendriessche, 2010**).

Egalement, la fragilisation de la biodiversité et La consommation d'espace au profit de l'artificialisation implique la destruction ou le dérangement d'habitats naturels (**Marion Richard et al, 2011**).

²La schizophrénie est une maladie qui résulte d'une interaction entre une vulnérabilité génétique et des facteurs environnementaux

A noter qu'une grande part des approches et des recherches qui s'intéressent depuis déjà des décennies à la problématique du changement climatique et du réchauffement terrestre insistent sur le problème de densité urbaine avec toutes les activités humaines qui s'en suivent (industries, automobiles, forte consommation énergétique... etc.) ainsi que la nature physique des centres urbains (forte minéralisation, formes urbaines inadéquates...etc.) comme facteur essentiel causant ce phénomène.

D'un autre côté, et en abordant le phénomène du changement climatique, on ne peut guère nier l'impact que pourront avoir les fortes densités urbaines sur la courbe de la température terrestre. Ces dernières sont potentiellement à l'origine de conséquences environnementales néfastes au bien-être des populations. Des effets négatifs majeurs sont notamment à prévoir sur le climat, qui pourrait compromettre à terme la trajectoire de développement économique local à grande échelle.

En effet, le milieu urbain se caractérise par une concentration d'activités fortement consommatrices d'énergie (entre 56 et 78 % de l'énergie finale utilisée est due aux transports et bâtiments, ainsi qu'aux industries et services) qui, en plus de générer une pollution locale importante, sont fortement émettrices de gaz à effet de serre (GES) (**Anne Paugam, 2015**). A cet effet, la grande majorité des études sur le phénomène du changement climatique, précisent en conclusion qu'une forte augmentation de l'impact global des villes sur le phénomène du changement climatique est inévitablement attendue.

Le potentiel des villes à contribuer à la mise en place de solutions efficaces est une problématique qui demeure ainsi posée. Maîtriser la densité urbaine et chercher à minimiser ses effets et ses impacts sur le climat et sur l'environnement en général en favorisant un meilleur cadre de vie est une stratégie longue et particulièrement complexe.

La nécessité de réduire les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) à titre d'exemple impose de tenir compte des déplacements lors de l'ouverture de nouvelles zones à l'urbanisation : les communes sans aucun équipement pour la population résidente n'ont pas vocation à se développer à un rythme équivalent de celui observé dans les communes pourvues d'un minimum de services. Les évolutions probables et attendues du coût de l'énergie conduiront inévitablement à la création de zones de précarité en zones rurales habitées par des ménages modestes dépendant d'une voiture pour la totalité de leurs déplacements.

De ce fait, le présent chapitre a fixé comme objectif de mettre en exergue l'ensemble d'impacts notamment microclimatiques dans leur sens critique et qui pourront être causés par une densité urbaine inappropriée.

1. Les enjeux environnementaux de la densité urbaine :

L'organisation urbaine actuelle de nos villes influence énormément la qualité de l'air, le microclimat et tout l'environnement d'une façon globale. La prise en compte du microclimat urbain est donc un des facteurs important pour favoriser le bien-être physique et moral des individus. Les grandes villes ont vu leur microclimat changer au même rythme de l'activité humaine. Les millions de déplacements automobiles quotidiens, le chauffage et l'éclairage des édifices ou des lieux publics liés aux éléments urbanistiques tels que la minéralisation généralisée des sols ou la présence de bâtiments élevés ont également un impact fondamental sur les modifications des différents paramètres climatiques en milieu urbains (**Clément Champiat, 2008**). En concentrant ses activités en ville, l'homme y modifie les différents paramètres de son microclimat : température moyenne plus élevée, vitesses du vent plus faibles, turbulences plus élevées, modification des précipitations, nébulosité due à la pollution de l'air, sans manquer de citer l'ampleur du phénomène de l'îlot de chaleur urbain (Voir détails plus loin) qui ne cesse d'être de plus en plus une préoccupation prioritaire des chercheurs. Ainsi, et à titre indicatif, au niveau des concentrations de polluants, les villes considérées denses enregistrent des valeurs de 5 à 25 fois plus élevées que celles de la campagne (**Liebard A et De Herde, 1996**).

1.1. La densité urbaine et la qualité de l'air:

1.1.1. La pollution de l'air:

Les zones urbaines en général émettent souvent le plus de polluants produits par l'homme. Elles offrent les niveaux de concentrations de polluants les plus élevés. De plus, et selon S. Reiter, la pollution de l'air urbain est le facteur dominant dans l'exposition des êtres humains à la pollution (**Sigrid Reiter, 2007**). Dans le même contexte, et en évoquant le sujet de la pollution de l'air dans les centres urbains notamment en ce qui concerne son effet écologique, les densités urbaines ont été largement désignées du doigt en tant que principaux descripteurs de la « forme urbaine » (**Vincent Fouchier, 1997**). Cette relation étroite pollution de l'environnement/densité fût liée par certains chercheurs à la problématique du développement des moyens de déplacement. **Laurant Hivert (1994)**, en menant une recherche à la ville de Grenoble a tracé la courbe de la consommation énergétique des ménages en fonction de la densité du secteur de résidence. L. Hivert a conclu que moins le secteur de résidence est dense et plus la consommation journalière d'énergie est élevée. L'auteur précise enfin qu'il s'agit donc bien d'une structuration spatiale (et non démographique) des budgets énergétiques ainsi que des pollutions. Une façon de décrire les

composants morphologiques du site en question. La même problématique fût abordée par **Coroline Gallez (1995)**, qui a calculé à son tour les consommations énergétiques et les émissions de polluants en île de France. Les deux chercheurs ont prouvé donc le lien qui persiste entre densité du bâti, importance des déplacements, pollution et consommation énergétique.



Figure n°1 : Illustrations de deux formes de pollution urbaine
Source : Liébard & al. 2004

L'air se remplit donc de particules néfastes pour la santé : poussières, azote, monoxyde de carbone, méthane. Toutes ces substances sont nocives pour l'être humain (**Hinda Bacha Nesrouche, 2007**) à cause de l'augmentation du nombre de population, les voitures et les industries polluantes. L'ensemble de ces facteurs fait grimper le taux de pollution de l'air des métropoles. Lorsque la densité de la population augmente, les activités urbaines vont s'intensifier, et par conséquent la pollution de l'air peut atteindre des valeurs dangereuses. Lors d'une recherche effectuée par T.J.Chandler en 1976 sur l'impact de la taille des villes sur la pollution de l'air, et en faisant ressortir les rapports entre les quantités de polluants solides mesurés dans des villes américaines à celles mesurées sur un site non pollué il a abouti aux résultats suivants (**T.J.Chandler cité par Benoit Bulliot et al, 2015**) (Tableau n°1):

Taille de la ville	Polluants solides
25.000 habitants	3,5
100.000 habitants	3,8
400.000 habitants	4,0
1.000.000 habitants	5,5

Tableau n°1: Evolution de la quantité de polluants en fonction des tailles des villes
Source : Michel Bonavitacola, 2001

1.1.2. Le smog:

Le smog est un phénomène propre aux grandes villes. Lors des journées chaudes et humides, l'eau s'amalgame aux particules de poussières et d'azote présentes dans l'air. La ville se trouve alors sous un nuage de brouillard épais et jaunâtre, qu'on appelle smog. Son nom vient d'un mélange des mots anglais smoke (fumée) et fog (brouillard) (MEQ, 2007). Ses composants proviennent d'un mélange de polluants atmosphériques. Il est constitué surtout de particules fines et d'ozone. Ce dernier provient de réactions photochimiques complexes entre les oxydes d'azote (NOx) et les composés organiques volatils (COV), que l'on nomme «précurseurs». Les principales sources de ces polluants sont les véhicules motorisés, les procédés industriels et le chauffage (Claire Greuillet et Laurence Galsomiès, 2013) (Figures n°2 et 3).



Figure n°2 et 3 : Deux cas de smog en « Chine »
Source : Urbanattitude.fr, 2014 & China_Foto_Press, 2013

1.2.La consommation énergétique:

Le climat urbain influence fortement les consommations énergétiques d'une ville. Steemers (2003), a affirmé qu'une bonne interaction climat/ville permet de limiter directement et/ou indirectement de nombreuses consommations d'énergie. En climat chaud et particulièrement en saison chaude, les bâtiments climatisés ont une consommation énergétique accrue:

- L'évolution des exigences de confort d'été dans les bâtiments et la climatisation se développent fortement.
- Des relevés pour un bâtiment de référence dans le centre d'Athènes ont montré que les charges thermiques pouvaient être doublées par l'effet d'ICU, alors que la performance des systèmes d'air conditionné était réduit de 25%.
- D'un autre côté, L'augmentation des maxima de température entraîne celle des niveaux de puissance de crête. Pour cela, Une étude sur 6 villes américaines montre un pic de puissance de 2 à 4% pour une augmentation de la température maximum de 1°C, au-delà d'un seuil de 15-20°C.

Ces pics d'appel de puissance ont différentes conséquences entre autres des baisses éventuelles de tension sur les réseaux électriques et la nécessité de sur-dimensionner les systèmes de production par rapport aux consommations courantes (**Marjorie Musy, 2010**). D'un autre côté, et vu que la densité urbaine est dans certains cas définie sur la base de l'indicateur de densité horizontal exprimé par le coefficient d'emprise au sol CES et celui de la densité verticale exprimée par le coefficient d'occupation au sol COS (voir Chapitre I), il a été conclut que l'impact de ces deux indices associés à différentes formes urbaines engendre un effet considérable sur la consommation énergétique des groupements d'habitation. On avance même que les déperditions d'énergie liées au chauffage peuvent être multipliées par deux rien que par la forme urbaine (**Honorée Morel, 2012**) (Figure n°4). Reste à noter que le choix définitif de la valeur du CES et par conséquent du COS, ainsi que le choix de la forme urbaine adéquate dépend avant tout du type de climat caractérisant la zone en question ainsi que des différents paramètres microclimatiques existants. Dans tous les cas, un lien prouvé existe entre la densité des agglomérations et la consommation énergétique des habitants (**Newman. Peter, 1989**) et (**Breheny Michael, 1995**). Ce dernier a achevé une recherche pour le compte du ministère de l'Environnement britannique où il a donné quelques résultats intéressants sur la relation entre densité et consommation énergétique en déduisant qu'il y a un lien très net entre la densité de population et le nombre de kilomètres parcourus par personne et par semaine.

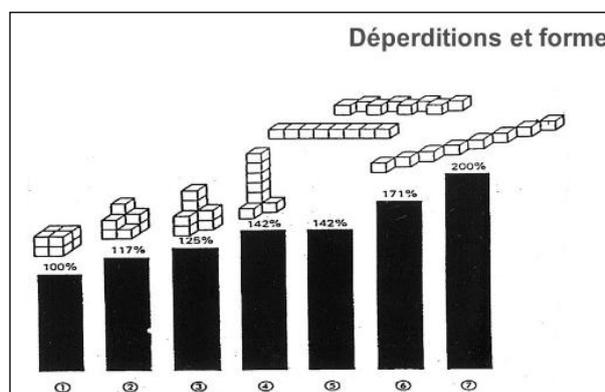


Figure n°4: Impact de la forme urbaine sur la consommation énergétique
Source : Honorée Morel, 2012

Ainsi, il est prouvé par certaines recherches que la forte densité urbaine (densité de population et de constructions) qui est l'une des recommandations du développement urbain durable possède ce grand volet positif qui consiste en la réduction des déplacements notamment mécaniques en raison du rapprochement des services aux habitants et aussi de la volonté d'éviter les embouteillages causés par les véhicules (**Newman Peter et Kenworthy**

Jeffrey, 1999). La figure n°5 illustre dans ce sens la variation de la consommation de carburant en fonction de la densité urbaine.

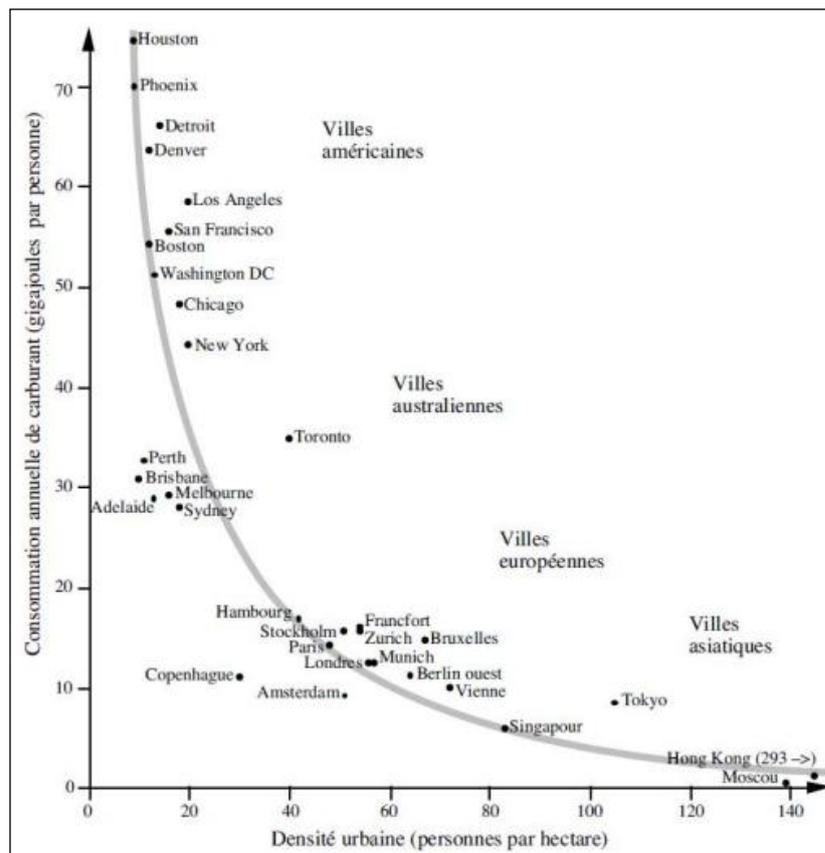


Figure n°5: Consommation de carburant en fonction de la densité urbaine
Source : Newman Peter et Kenworthy Jeffrey, 1989

Ainsi, **Sigrud Reiter (2007)** a déduit que Lorsque le microclimat est très différent des conditions intérieures demandées, une grande quantité d'énergie sera nécessaire alors qu'une conception urbanistique adaptée permet d'obtenir un microclimat plus proche des valeurs intérieures et donc d'avoir recours à moins d'énergie.

Le graphe ci-dessous permet de comprendre qu'une conception urbaine et architecturale adaptée au climat réduit substantiellement les consommations d'énergie du bâtiment. L'urbanisme microclimatique est donc essentiel dans le but de limiter les dépenses liées aux bâtiments (Figure n°6).

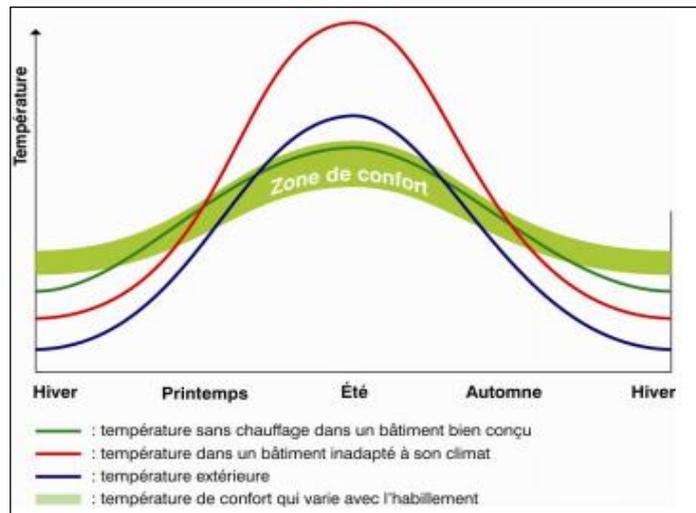


Figure n°6 : Positions des températures extérieures et intérieure probables par rapport à la zone de confort
 Source : S. Reiter, 2007

Une autre vision sur le rapport densité/consommation énergétique est présentée par **Newman. P et al (1989)**, qui estiment que la densité construite reste très importante de par ses implications sur la mobilité en milieu urbain et par conséquent sur la consommation des carburants. La morphologie urbaine et son exploitation sont des critères importants dans l'évaluation des émissions polluantes en milieu urbain car ils influencent non seulement les consommations d'énergie des bâtiments mais aussi celles dues au transport (**Kenworthy et al, 1995**). L'exemple de plusieurs grandes villes à travers le monde est présenté ci-dessous (Figure n°7)

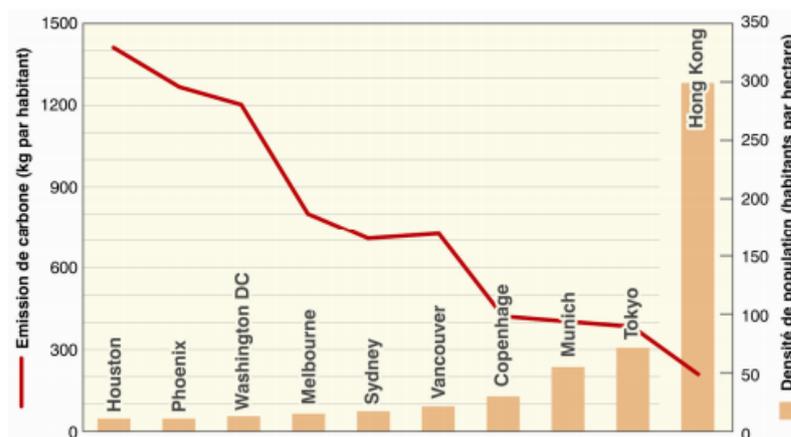


Figure n°7 : Rapport entre la densité de la population et les émissions de carbone dues aux transports à travers les grandes villes du monde
 Source : Kenworthy et al, 1999

2. La densité et le bilan radiatif urbain :

Un tissu urbain compact ou dense connaît généralement une géométrie étroite et profonde. Il empêche les rayons solaires d'atteindre les espaces publics (rues, places ou cours intérieures) et génère des ombres qui participent à augmenter le confort de ces espaces (**Benadji Amar, 1999**) particulièrement en climats arides. Par ailleurs, par temps stable et en période chaude, ces espaces favorisent souvent le phénomène du piégeage radiatif augmentant ainsi les températures de surface et de l'air et le risque d'inconfort (**Glockner, Stéphane**). Ce piégeage radiatif est dû aux multi-réflexions des rayons solaires par les surfaces urbaines (**Hunter et al 1992**), à la réduction de l'albédo et à la diminution du facteur de visibilité du ciel (**Oke TR, 1982**). La recherche menée par **Hénon, (2008)** pour mesurer le flux de chaleur sensible sur un fragment urbain en forme d'îlot traditionnel du centre-ville de Marseille a montré que, pendant la journée, l'énergie transférée des toitures vers l'atmosphère représente 49 % de la chaleur sensible totale. Les façades ne contribuent qu'à hauteur de 39 %, les cours intérieures de 5 % et les rues de 7 %. Ces résultats montrent que le piégeage de la chaleur est amplifié dans les rues et les cours intérieures. Néanmoins, ce piégeage peut être diminué par une bonne ventilation naturelle (**Claire Greuillet, 2013**). En effet, la forme des rues dites "canyons" continues et profondes dans les centres-villes historiques favorise l'effet aérodynamique de canalisation et ainsi le renouvellement d'air. Ce renouvellement est optimisé lorsque le vent est parallèle à l'axe des rues et qu'il a une vitesse suffisamment élevée pour créer un effet.

Le bilan radiatif d'un milieu urbain est la somme des flux incidents de courtes et de grandes longueurs d'onde absorbés par le tissu urbain soustrait à l'émission de grande longueur d'onde sur les surfaces (**Joëlle, Goyette Pernot et al, 2003**).

Les flux de grandes longueurs d'onde définissent les échanges de chaleur entre l'environnement urbain et la voûte céleste (**Amélie Parmentier, 2010**). (Figure n°8)

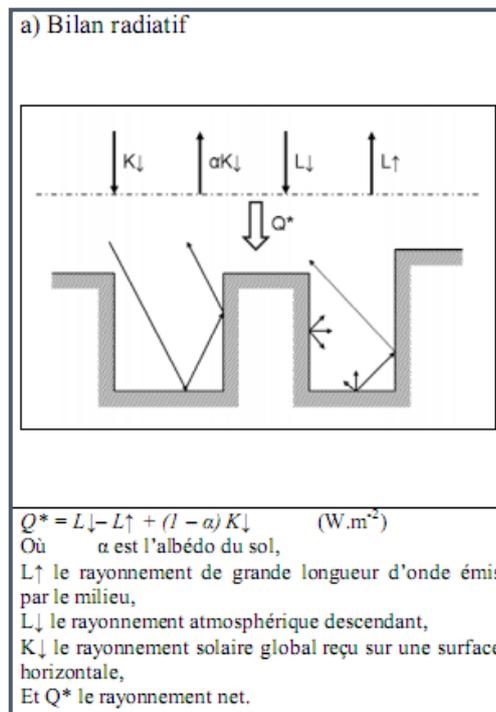


Figure n°8 : Bilan radiatif urbain
 Source : Morgane Colombert, 2007

3. La densité et le bilan énergétique urbain:

L'équilibre thermique d'une zone urbaine est d'une grande complexité à cause des volumes importants des bâtiments, de la diversité des matériaux utilisés, ainsi que des activités qui s'y déroulent (**N. Ringenbach, 2004**). Ainsi, l'équilibre thermique pour un secteur urbain doit inclure les limites suivantes : Q^* de rayonnement net, Q_f du flux anthropique, Q_H du flux de chaleur sensible, Q_E de flux de chaleur latente, ΔQ_s du flux de chaleur stockée et enfin ΔQ_A du flux de chaleur advectif ou transport horizontal (**Stella Tsoka, 2011**). (Figure n°9)

b) Bilan énergétique pour une zone urbaine (Duchêne-Marullaz, 1980).

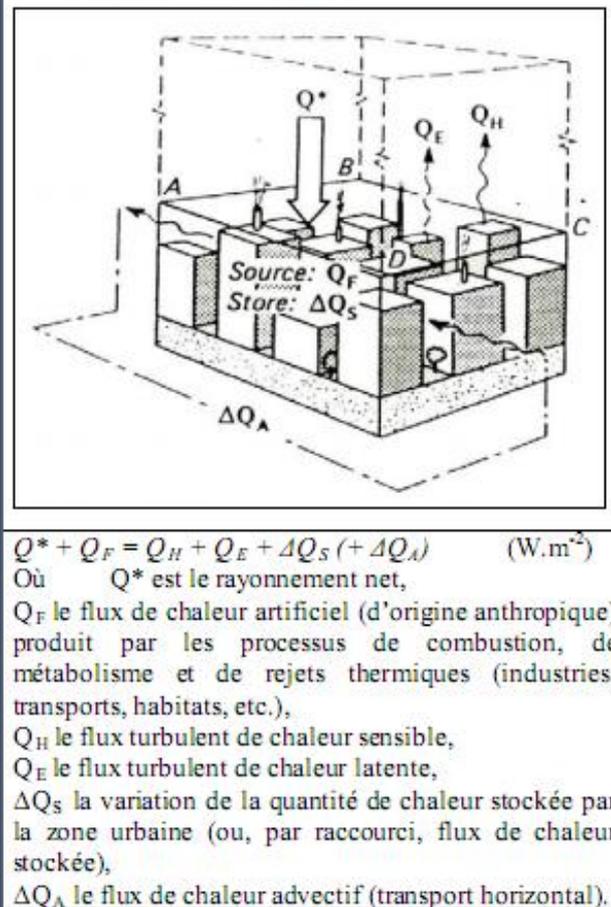


Figure n°9 : Bilan énergétique urbain
 Source : Morgane Colombert, 2007

4. Rapport entre la densité urbaine et l'ICU:

4.1. Qu'est ce que l'ICU?

On définit l'ICU comme étant ce phénomène microclimatique relatif aux zones urbanisées et caractérisé par des températures estivales plus élevées que l'environnement périphérique moins urbanisé, avec des différences de 3°C au minimum (**Météo France et Agence Parisienne du climat, 2013**). Il est connu dans ce sens que la région parisienne à titre indicatif peut être le siège de forts ICU en période nocturne. De telles différences de températures ont notamment été observées lors de la canicule de 2003 (**Raphaëlle Kounkou-Arnaud et al, 2012**). De nombreuses études d'observation de l'évolution des températures en milieu urbain montrent une corrélation entre la densification urbaine et l'augmentation de la température de l'air (Figure n°10 et 11). Ainsi, des relevés sur une trentaine de villes de Californie et des zones rurales environnantes ont montré qu'avant 1940, les zones urbaines étaient plus froides, contrairement à la situation actuelle où la température est plus élevée de 3°C en moyenne (**Akbari et Al, 2001**). L'ICU, est la résultante des

phénomènes climatologiques particuliers causés par les facteurs spécifiques aux milieux bâtis plus denses. Il s'agit très certainement de la manifestation climatologique la plus évidente provoquée par l'urbanisation, dont le résultat est l'augmentation de la température de l'air. Dans le cas frappant de l'arrondissement Saint-Laurent à Montréal en juin 2005 à titre d'exemple, la température du quartier industriel (40,6 °C) était de 17 °C supérieure à celle d'un parc urbain (23,2 °C) situé à proximité, et de 9°C supérieure à celle d'un quartier résidentiel situé au centre des espaces verts et industriels (Martin. P,2007).

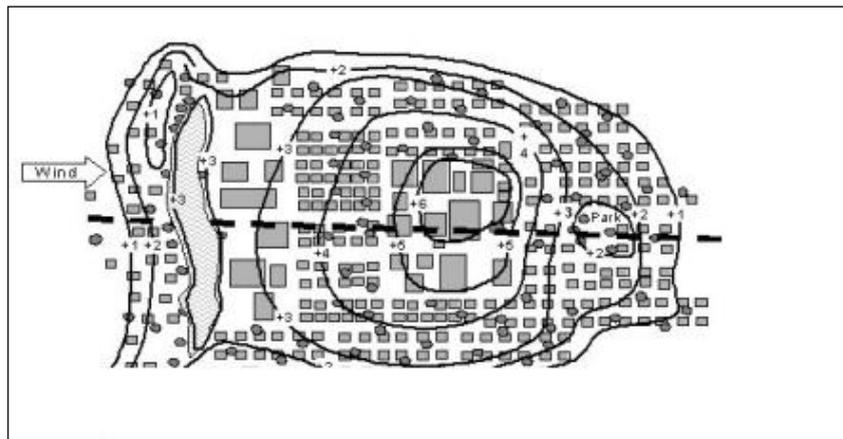


Figure n°10: Schématisation de l'ICU par isothermes
Source : action biosciences, 2006.

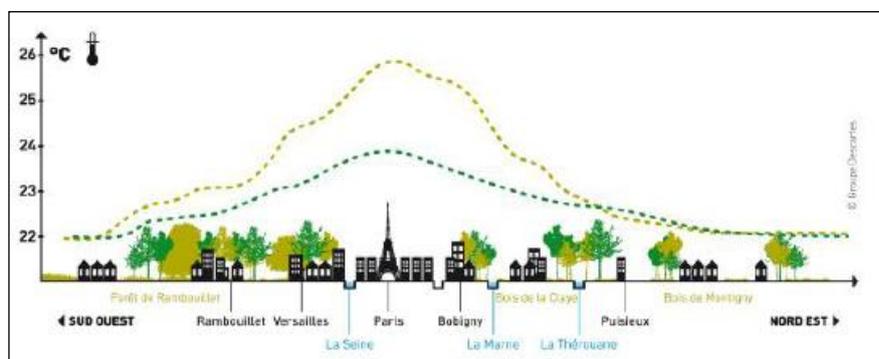


Figure n°11: Profil d'un ICU
Source : Agence Parisienne du climat, 2013

Le phénomène d'îlot de chaleur urbain est particulièrement intense lors de la conjonction de paramètres météorologiques, notamment en cas de vent faible (2 à 3 m/s au maximum) et ciel dégagé. Lorsque ces conditions sont réunies, l'ICU peut atteindre en région Ile-de-France près de 10°C. Les conditions anticycloniques de la période estivale sont ainsi bien plus favorables à la survenue d'ICU que les conditions en hiver à l'exemple de la ville de Paris (Figure n°12).

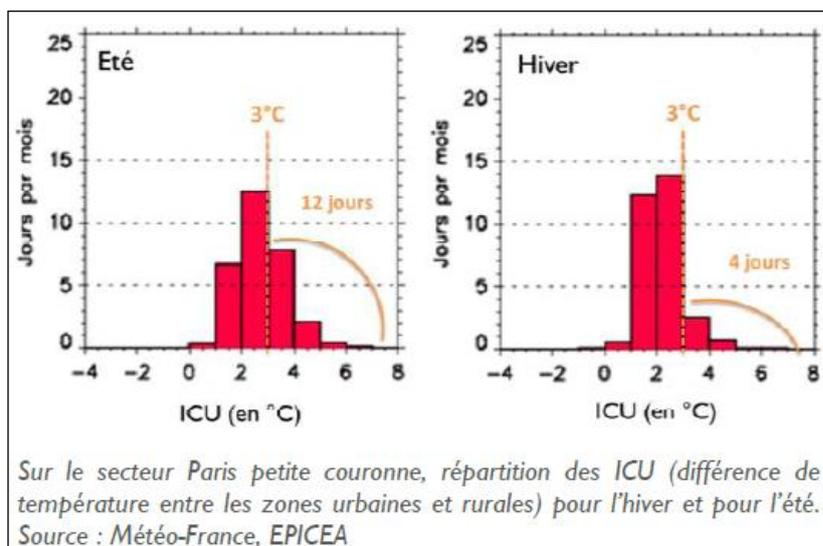


Figure n°12: Répartition des ICU à Paris en été et en hiver
Source Météo France, 2013

4.2.Effet de la densité urbaine sur l'ICU:

Etant l'une des paramètres perceptibles de la morphologie urbaine, la densité notamment des constructions traduite par des formes urbaines diverses liées à aux dimensions des bâtiments et à l'espacement entre eux influence à sa façon les îlots de chaleur urbains (Erik Johansson, 2005) (Figure n°13). L'ICU est le plus remarqué dans les parties de villes les plus densément bâties (Nicolas Ringenbach, 2004). Il est certes connu que les grands édifices peuvent créer de l'ombre et réduire l'accès au rayonnement solaire au sol, mais lorsque le rayonnement pénètre entre les bâtiments, ils augmentent la superficie de surfaces absorbant le rayonnement solaire. La nuit venue, la chaleur de la canopée urbaine est piégée par une couche d'air frais qui se forme sur les toits des édifices. Ainsi, le rafraîchissement naturel de nuit ne peut s'opérer. Ultiment, ce phénomène contribue également à la création de smog et par conséquent l'îlot de chaleur urbain (Météo France, 2013).

La taille et la structure spatiale d'une ville sont aussi des paramètres importants dans la formation des ICU. Il s'agit de la morphologie urbaine qui se rapporte aux formes tridimensionnelles, à l'orientation et à l'espacement des bâtiments qui constituent la ville (Nathalie Louet, 2014). Ces facteurs étant des indicateurs de densité urbaine comme expliqué précédemment. Les polluants atmosphériques au niveau du sol se mélangent et se diluent dans la couche limite atmosphérique (CLA). C'est une tranche de l'atmosphère présente depuis la surface de la Terre jusqu'à 1 km environ en altitude. Son épaisseur varie avec les transferts d'énergie dans l'atmosphère (par la convection et la turbulence). Ainsi, la pollution atmosphérique est influencée par la hauteur de cette CLA : plus la CLA est mince, plus les polluants sont concentrés et plus la pollution atmosphérique est importante. Les

caractéristiques de la CLA se modifient à proximité des zones construites (le bâti) en milieu urbain (Claire Greuillet et Laurence Galsomiès, 2013).

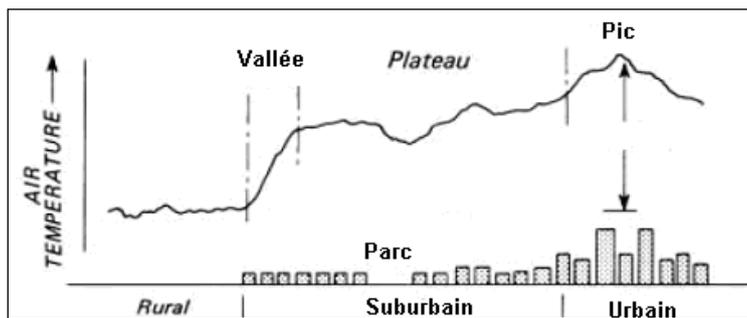


Figure n°13 : Profil d'un îlot de chaleur urbain En fonction de la densité urbaine
Source : T.R.Oke, 1987

Cependant cette relation est aussi fortement dépendante de la morphologie de la ville, ce qui conduit notamment Oke à distinguer les villes européennes et américaines. Il propose donc une autre corrélation entre l'intensité maximale de l'ICU (ΔT_{ur}) et le rapport H/L ou bien "prospect" des rues de type canyon. (T.R. Oke, 1982) (Figure n°14):

$$\Delta T_{urMax} = 7,54 + 3,97 \ln \left(\frac{H}{L} \right) \dots (\text{Equ n}^\circ 1)$$



Figure n°14 : Illustration de la géométrie d'une rue urbaine
Source : M. Musy, 2010

5. Impact de la densité urbaine sur le microclimat:

Le comportement climatique à l'échelle des villes et surtout microclimatique à l'échelle des entités urbaines compactes et denses, est certainement très complexe car la multiplication des espaces modernes inadaptés aux cycles naturels (Lumière naturelle, mouvement de l'air, ...etc.) génèrent des problèmes microclimatiques importants (Sigrid Reiter, 2007). Donc, mettre en place un diagnostic et une stratégie en rapport avec le microclimat est un défi en lui-même notamment lorsqu'il s'agit de l'évaluer par rapport à la notion de densité urbaine qui est en elle-même interprétée de façons assez différentes selon les chercheurs. Les indicateurs de densités sont multiples (voir chapitre I) mais restent complémentaires et influençant l'un sur l'autre.

M. Musy, (2010) en essayant de schématiser le rôle central du microclimat urbain à l'intérieur d'un réseau comportant l'ensemble des facteurs influençant directement ce dernier ou influencé par celui-ci illustre une forte relation entre le bâtiment et les paramètres microclimatiques probablement par un souci de consommation énergétique qui est une problématique préoccupante. Toutefois, les formes urbaines et l'aménagement urbain qui sont des descripteurs de la densité urbaine demeurent des facteurs très liés au microclimat (Figure n°15)

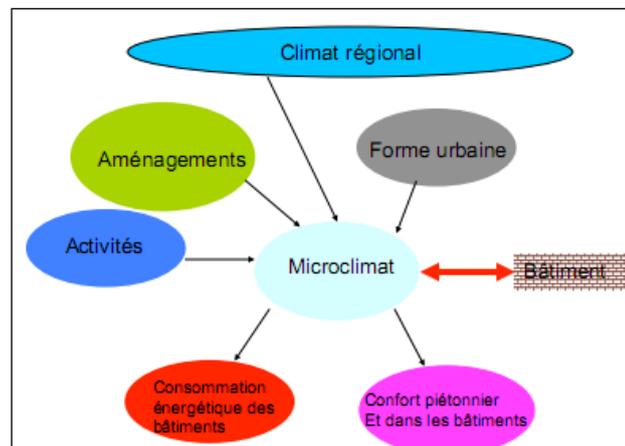


Figure n°15 : Schématisation des paramètres urbains influençant le microclimat urbain
Marjorie Musy, 2010

5.1. Impact de la densité urbaine sur la température de l'air :

Plusieurs recherche sur le phénomène de surchauffe des centres urbains ont pu déduire que l'effet indésirable de la forte densité urbaine sur la température de l'air notamment diurne dépassent de loin l'impact positif et régulateur que pourront avoir la végétation, l'eau voire même l'augmentation de l'albédo en choisissant des matériaux adéquats. A titre indicatif, et à la ville de Paris (Figure n°16), et dans ses parties les plus denses, la végétalisation et une augmentation d'albédo n'abaisseraient la température que de 1°C en moyenne pour la durée d'une canicule et de 3°C au mieux localement à un moment donné. D'autre part, L'humidification des chaussées (arrosage 14 h/jour) de la capitale via son réseau d'eau non potable contribuerait à diminuer l'empoussièrement, mais aurait un moindre effet sur la température (-0,5°C en moyenne entre 8 et 13 août 2003, avec au mieux -1° C à -2 °C en journée (Météo-France, 2012).

D'autre part, la ville reste toujours plus chaude que son environnement immédiat non urbanisé représenté généralement par la station météorologique. Ceci est valable même au

niveau des villes à climat aride et semi aride. En saison chaude, les valeurs moyennes de variation de température de l'air entre une ville dense et son environnement immédiat très peu dense, indiquent une différence qui peut varier entre 3.54°C et 7.10°C (**Khalissa Hamel et Said Mazouz, 2007**).

Cette conclusion reste des plus impressionnants résultats relatifs aux moyens passifs visant la régulation thermiques des espaces extérieurs. Ainsi apparait le rôle généralement méconnu de la règlementation urbaine dans sa dimension environnementale. Précisant que la densité urbaine est définie et même limitée par le règlement urbain en vigueur sans qu'elle soit liée au contexte environnemental. Donc, Le fait de conclure que l'impact de la densité sur le microclimat urbain parisien dépasse d'une façon remarquable celui de la végétation et de l'eau nous ouvre une nouvelle vision sur la nécessité de réfléchir tout à fait au début du projet urbain sur le choix de la densité urbaine adéquate : rapport plein/vide, hauteurs des constructions, emprises bâties au sol, espacement entre les bâtiments....etc, tout en prenant en considération le type du climat de la zone en question.

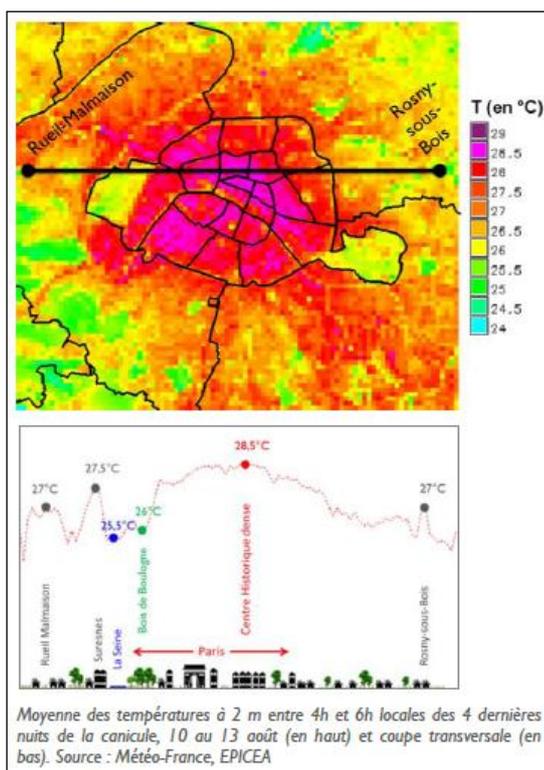


Figure n°16 : Variations de la température de l'air nocturne à Paris du centre jusqu'à la périphérie
Source : Météo France, 2013

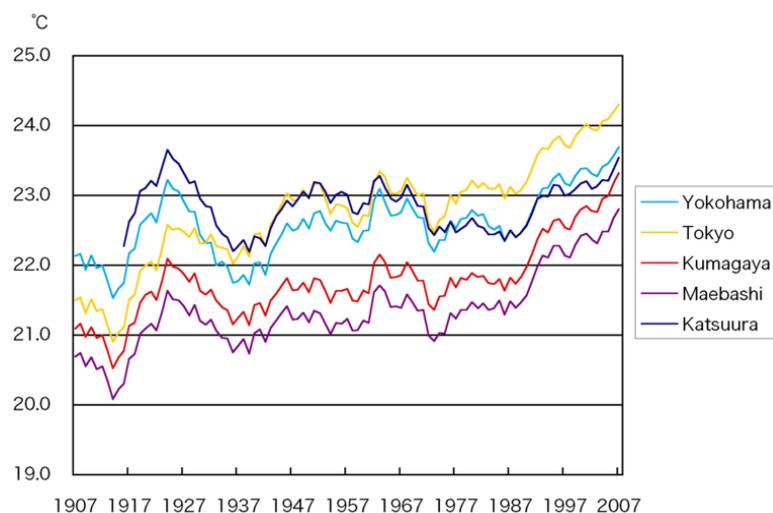


Figure n°17: Variation de la moyenne de température de l'air de différentes villes japonaise pendant une décennie à l'équinoxe d'automne en fonction de la densité urbaine
 Source : Agence météorologique Japonaise, 2014

5.2. Impact de la densité urbaine sur la température de surface:

La minéralisation des milieux urbanisés est une cause principale de la surchauffe des centres urbains (Figures n°18 et 19) causée à son tour par le phénomène d'inter-réflexion (Figure n°20) qui se produit au niveau de la canopée urbaine faisant partie de la couche limite urbaine (CLU) et qui est caractérisée par une forte rugosité notamment au niveau des grands centres urbains (Figure n°21). De ce fait, la réduction des surfaces minéralisées dites « imperméables » est devenue une recommandation voire une stratégie importante à mettre en œuvre (Arnfield A, 2003). On peut même percevoir et évaluer des différences de températures de surfaces selon les matériaux utilisés pour les sols ou les bâtiments. La prise de vue thermographique montre un écart de 12°C entre la pelouse et le trottoir.

Ceci peut être généralisé sur l'ensemble d'un tissu urbain car il s'agit bien d'un sujet de matériaux et de revêtement qui en cas où ils ne seront pas appropriés et pris en compte du point de vue performance thermique peuvent aggraver la situation dans le cas d'une forte densité du bâti.

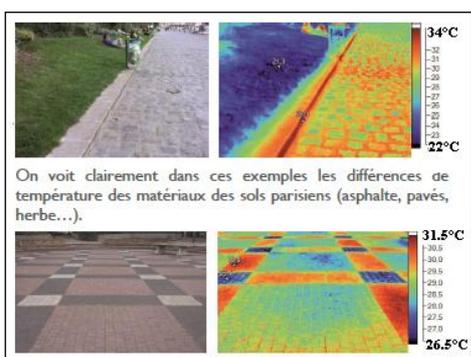


Figure n°18: Différence de température matériaux exposés au soleil. : Source Agence Parisienne du climat. ,

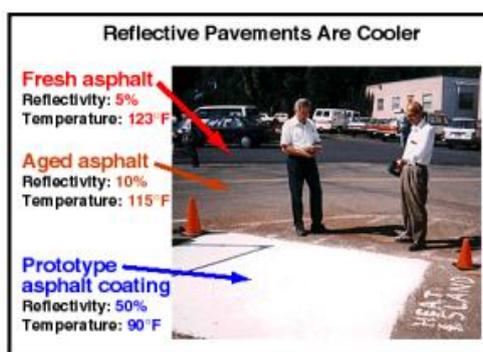


Figure n°19: Illustration de l'expérience menée par le Groupe de Hashem Akbari Source : Heat Island group. 2000

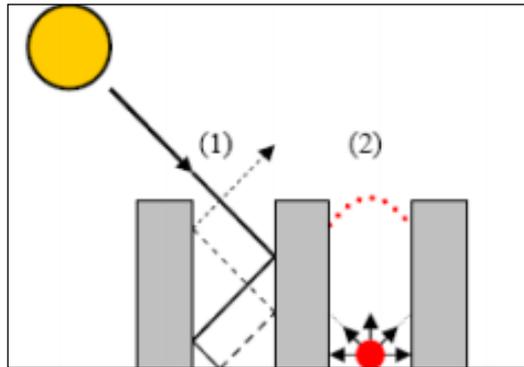


Figure n°20 : Phénomène d'inter-réflexion
Source : Claire Greuillet
et Laurence Galsomiès, 2013

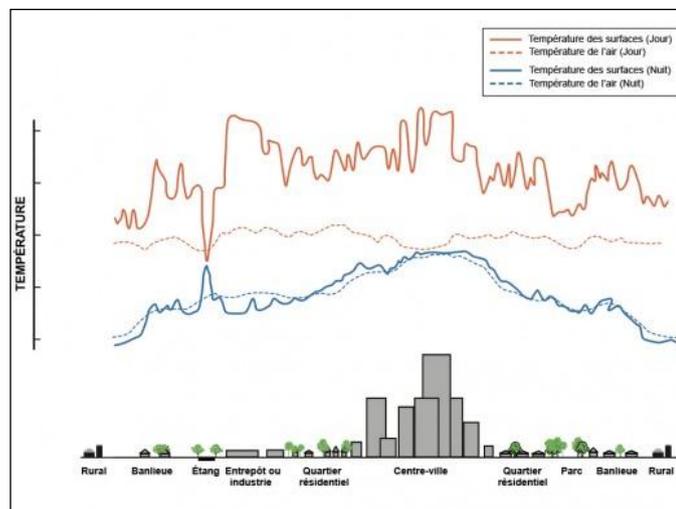


Figure n°21: Variation des températures de l'air et de surfaces par rapport à l'ICU
Source: Sébastien St-Onge, 2011

Une recherche pertinente a été menée par l'agence parisienne du climat (2013) en vue de l'évaluation de l'effet de la densité urbaine sur les températures surfaciques. L'approche concerne deux tissus urbains de la ville de Paris. Etant assez différents du point de vue morphologie et densité urbaine, l'étude a procédé à la simulation des températures surfaciques des deux entités. L'image ci-dessous (Figure n°22) montre la modélisation numérique en 3D du bâti (en haut) et les températures au sol (en bas) pour un tissu historique ancien (à gauche) et un tissu plus moderne (à droite).

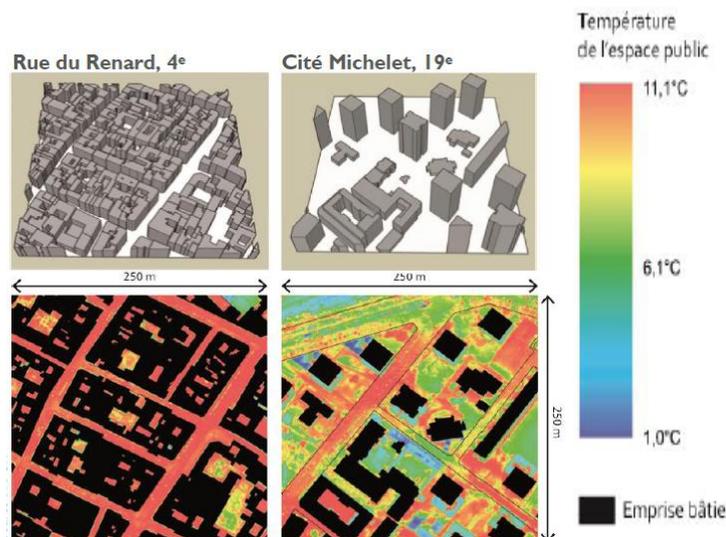


Figure n°22: Variation de la température de surfaces en fonction de la densité de deux quartiers Parisiens

Source Agence Parisienne du climat, 2013

Le résultat de cette recherche qui a eu lieu au niveau de ces deux tissus parisiens sur la base de simulation numérique, a clairement montré l'impact considérable d'une forme urbaine dense sur la température des surfaces. Il a été démontré que chacun des tissus a des propriétés différentes de refroidissement et d'échauffement et d'un point de vue microclimatique ces différentes formes urbaines ont toutes les deux des avantages et inconvénients. Ceci dit que les tissus historiques anciens, plus denses, étaient conçus pour conserver la chaleur et mettre l'espace public à l'abri du refroidissement nocturne. C'est pour cela que l'espace public est « chaud » en hiver. Au sein des tissus modernes récemment aménagés à savoir durant les années 70, on constate un tissu urbain aéré et par conséquent moins dense. Cette configuration urbaine très ouverte est exposée au soleil, ce qui peut être un inconvénient en été. A contrario la faible densité bâtie donne de bonnes capacités nocturnes de rafraîchissement (**l'Agence Parisienne du Climat et Météo-France, 2013**). Patrice Pitre (2008) à son tour a évalué l'effet de la minéralisation sur les températures surfaciques d'une surface densément urbanisée de 30m², et l'impact de celles-ci sur la formation des ICU. L'outil de recherche est un satellite qui permet, entre autres fonctions, de mesurer la température de surfaces avec une relative fiabilité. P. Pitre a démontré le grand effet que pourra avoir une zone dense minéralisée sur l'ambiance thermique en général et l'ICU en particulier (**Patrice Pitre, 2008**).

5.3. Impact de la densité urbaine sur l'écoulement du vent:

5.3.1. Différents effets du vent au niveau de la basse atmosphère:

En site urbain, les potentiels de ventilation par l'effet direct du vent sont fortement diminués, d'autant plus que l'écoulement de l'air peut être modifié par la présence

d'obstacles: bâti et végétation (Figure n°23), mais aussi par des phénomènes thermiques liés notamment à l'ensoleillement (Tahbaz. M, 2007).

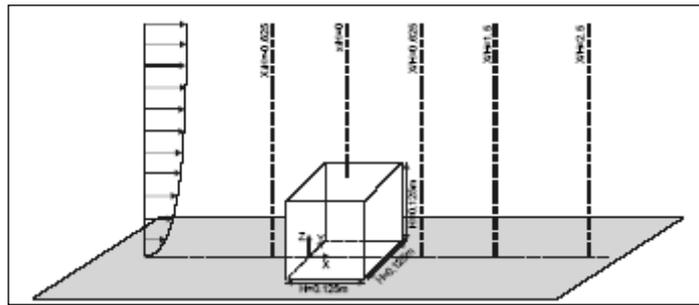


Figure n°23 : Réduction de la vitesse d'écoulement du vent en rencontre d'un obstacle
Source : Louka.P, Ketzell.M et Sahn.P ,2001

La géométrie spécifique et le nombre important des volumes construits provoque toujours une modification directionnelle des vents locaux, souvent accompagné d'une réduction de la vitesse moyenne au niveau du sol. En principe, la vitesse moyenne du vent au niveau du sol diminue dans le milieu urbain, car le vent rebondi sur le bâti (Figure n°24).

Cependant, nous pouvons observer ponctuellement même une accélération de la vitesse des vents locaux. Par exemple la déviation du flux d'air supérieur le long des façades des hauts bâtiments et l'accélération du flux dans les canyons et autres formes urbaines peut créer des corridors d'accélération ce qui représente un facteur de ventilation apprécié pendant les périodes chaudes (Edward Ng, 2008).

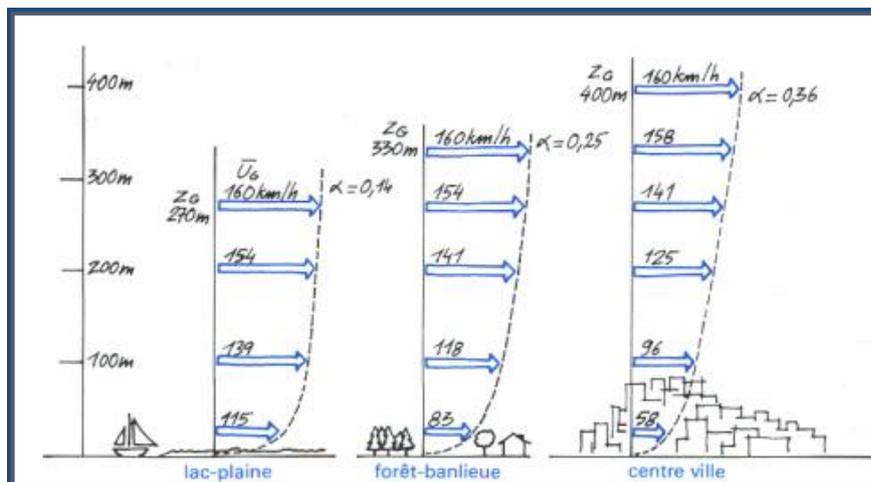


Figure n°24 : Réduction de la vitesse d'écoulement du vent en fonction de la densité urbaine
Source : Gandemer et Guyot, 1976

A noter qu'il faut tenir compte du fait que lorsque la densité du bâti dépasse un certain seuil, l'écoulement n'atteint plus la surface du sol. Il y a donc une hauteur non concernée par l'écoulement, ce qui augmente d'autant la hauteur du niveau de base du profil du vent appelée

« hauteur de déplacement » Z_d qui peut être égale à la hauteur de la canopée urbaine (Figure n°25). Dans la couche comprise entre la surface et la hauteur des éléments de rugosité, l'écoulement circule dans des porosités. Puisque la rugosité est liée à la hauteur de ces éléments, elle dépend aussi du volume des porosités, ou en d'autres termes de la densité de rugosité (Jerome, Colin, 2007).

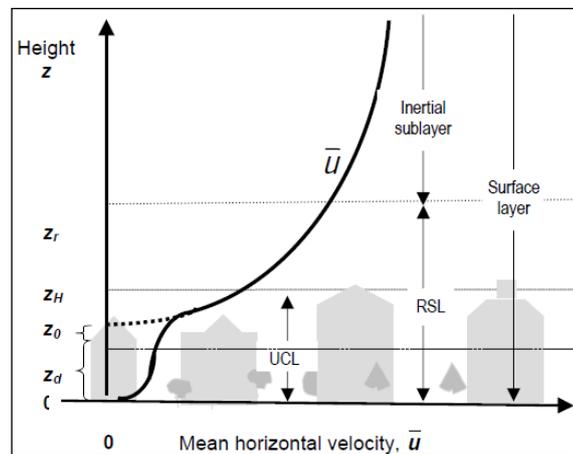


Figure n°25 : Hauteur de déplacement de l'écoulement du vent en zone rugueuse (canopée urbaine)
Source : Jérôme COLIN, 2001

Ainsi, la mesure de la densité d'un tissu urbain ou de sa porosité permet d'évaluer son accessibilité par rapport au vent. Dans les tissus compacts et resserrés, seuls les toits et les terrasses constituent des probables zones d'inconfort. Un groupement de constructions à décrochement organisé de manière verticale peut engendrer un effet de pyramide défini par **Gandemer (1976)** (Figure n°26 à droite). Cette forme semble judicieuse car elle ne produit pas d'inconfort, elle dissipe le maximum d'énergie du vent dans tous les azimuts et diminue les survitesses dans les niveaux inférieurs des immeubles et aux niveaux des terrasses. Cependant, les tissus poreux ou ouverts engendrent des perturbations aérodynamiques qui s'étendent sur de longues distances. En effet, la porosité horizontale ou verticale des tissus urbains (cours, espaces résidentiels par exemple) ainsi que la porosité des immeubles (pilotis, trous) modifient l'écoulement de l'air et créent des zones à risques liées à de forts courants d'air (Figure n°27). Afin de limiter ces risques, il faut que l'ouverture d'un tissu urbain soit inférieure à 0,25 fois son périmètre et qu'il soit constitué de bâtiments de hauteurs voisines (**Gandemer, 1976**) (Figure n°26 à gauche) (**Khaled Athamena, 2012**).

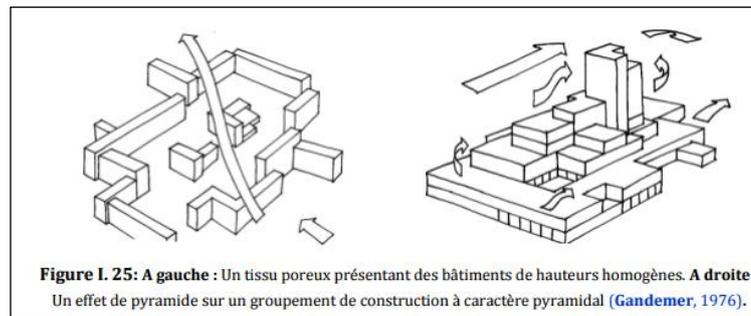


Figure n°26 : Effet du vent au niveau de deux tissus urbain : Un tissu aéré à densité moyenne, et un autre compacte et d'une forte densité
 Source : Gandemer, 1976

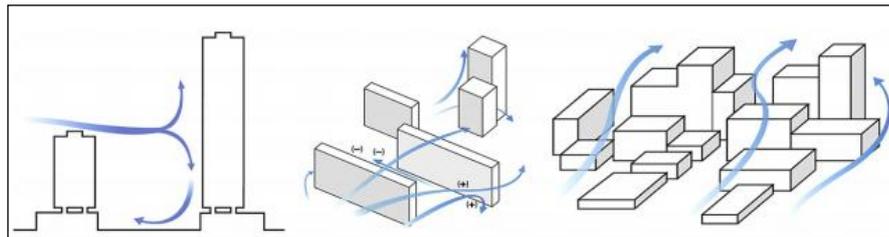


Figure n°27 : Différents types de porosités urbaines influent l'écoulement de l'air
 Source : Edward Ng, 2008

La différence des températures engendrée par un ICU, avec un air plus chaud en ville qu'en zone rurale environnante, favorise aussi les déplacements horizontaux des masses d'air froides (ou brises de campagne) vers les masses d'air plus chaudes au centre des villes. Cela crée une couche d'inversion des températures avec des effets sur la qualité de l'air telles que l'accumulation et la stagnation de la pollution en ville (Figure °28). Les niveaux de concentration des polluants augmentent certainement avec l'intensité de l'ICU car plusieurs paramètres morphologiques causant le phénomène de l'ICU ont une influence également sur l'exposition des populations et sur la dispersion des polluants (ADEME, 2015).

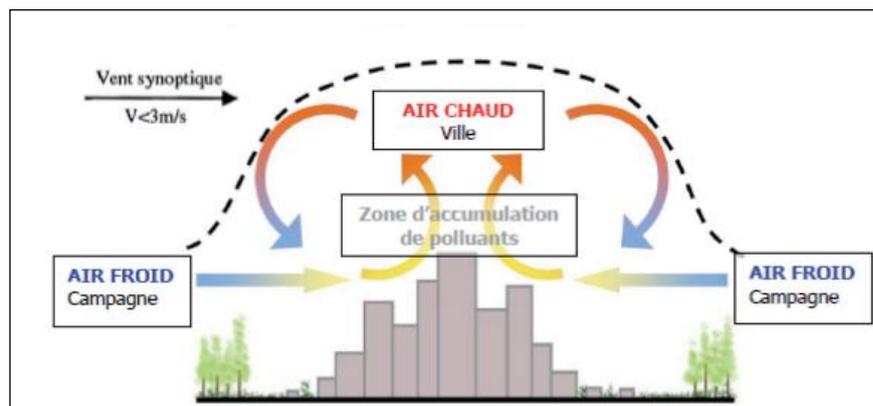


Figure n°28: Phénomène de convergence des vents entre la ville et la campagne
 Source : Claire Greuillet et Laurence Galsomiès, 2013

5.3.2. Effets aérodynamiques en milieu urbain dense :

Dans la Couche de Canopée Urbaine, l'écoulement (et les échanges d'énergie) sont régis par des processus de micro-échelle, et dépendent précisément du lieu et du type de

surface (Figure n°29). La sous-couche rugueuse de la CLU est particulièrement perturbée. Bien qu'elle existe également pour un sol peu rugueux, son épaisseur devient beaucoup plus conséquente au-dessus d'une ville (Figure n°30). Dans certaines conditions, elle pourrait atteindre plusieurs fois la hauteur moyenne des bâtiments (Arnfield, 2003). L'épaisseur de la sous-couche rugueuse est en général difficile à déterminer. Elle est souvent considérée proportionnelle à la hauteur de la Couche de Canopée Urbaine (Sadia Remili, 2010).

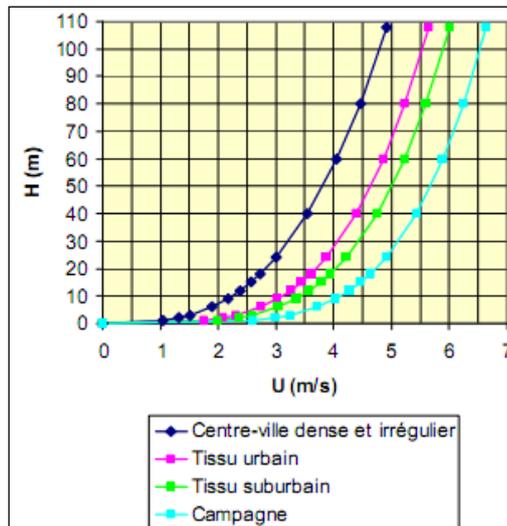


Figure n°29 : Différentes vitesses du vent en fonction du terrain en partant du centre ville jusqu'à la campagne
 Source : S. Reiter, 2007

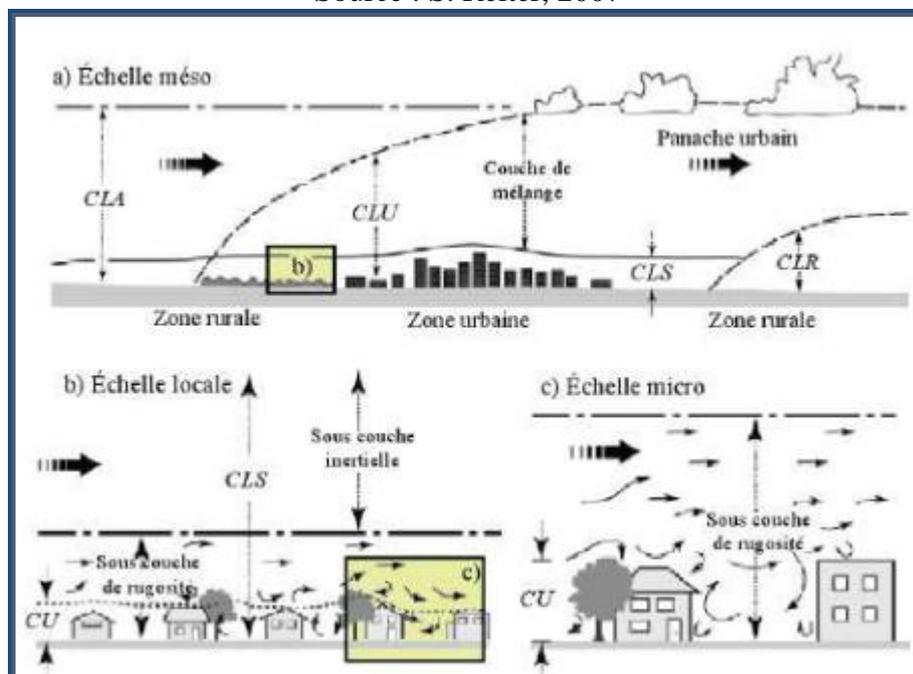


Figure n°30: Comportement du vent à partir de la couche limite atmosphérique jusqu'à la canopée urbaine dense
 Source : T.R. Oke, 2006

5.3.2.1. Le panache :

Lorsque la vitesse du vent est supérieure à 3m/s, et suivant le type d'obstacles rencontrés et des conditions génératrices de l'atmosphère, il peut se produire comme pour les fumées d'usines un « panache ». A titre indicatif, Les arrondissements parisiens fortement urbanisés ne sont pas les seuls espaces concernés par l'ICU. Durant la canicule de 2003, les météorologistes ont identifié un phénomène de « panache urbain » : les vents atmosphériques ont entraîné l'air chaud des zones les plus denses vers les arrondissements limitrophes et les communes aux alentours. Conséquence : Ces zones, initialement peu touchées, ont vu à leur tour leur température augmenter de 2°C (Agence Parisienne du Climat et Météo-France, 2013) (Figure n°31).

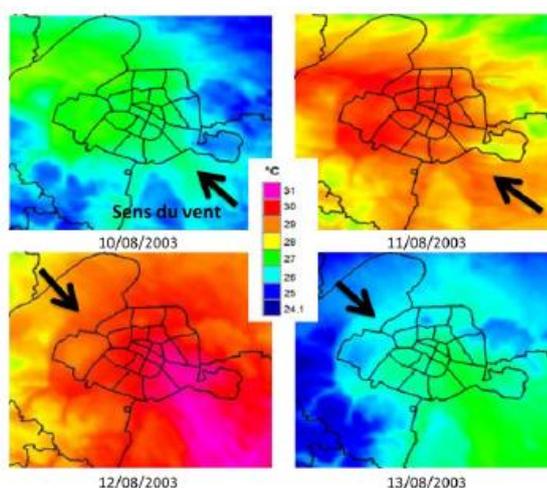


Figure n°31 : Phénomène de Panache urbain à Paris
Source : Agence Parisienne du climat

5.3.2.2. Le dôme :

Les îlots de chaleur urbains vont influencer la ventilation et la dispersion des polluants de plusieurs manières. Tout d'abord, ils favorisent le développement d'ascendances d'air et la formation d'un dôme chaud au-dessus des villes.

Il peut revêtir plusieurs formes selon l'ampleur et la dimension de l'îlot de chaleur urbain, la vitesse du vent général et la stabilité de l'air. (Dr Martine, 2008) (Figure n°32). Ces situations avec des cellules de convection sont naturellement les plus critiques au niveau des polluants émis par la ville, car ils restent piégés à l'intérieur du dôme chaud. Elles se limitent habituellement aux grandes villes situées en terrain plat ou dans des cuvettes abritées. On les rencontre surtout par situation anticyclonique en hiver avec un air très stable et pour les grandes agglomérations des latitudes moyennes susceptibles de générer un îlot de chaleur suffisamment important à ce moment de l'année (Oke. T.R, 1987).

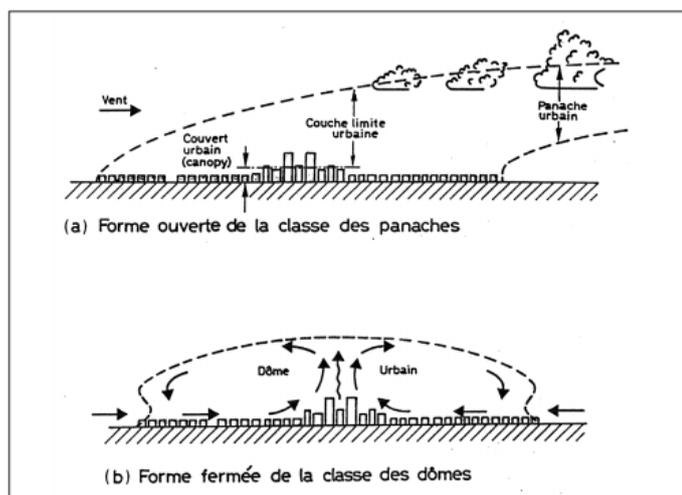


Figure n°32 : Phénomènes de panache et de dôme urbains au dessus des villes
 Source : Stéphane Glockner, 2000

5.4. Impact de la densité urbaine sur les précipitations :

Le mouvement vertical ascendant dû au réchauffement différentiel et au frottement accru favorise la formation de nuages et de précipitations au-dessus des milieux urbains. On attribue également ces phénomènes à l'accroissement du nombre de noyaux de condensation provenant de sources anthropiques. De plus, on a signalé à plusieurs endroits une augmentation des quantités de précipitations en aval des régions urbaines, ce qui est probablement causé par le transport des noyaux de condensation par les vents en altitude jusqu'aux régions rurales (Figure n°33).

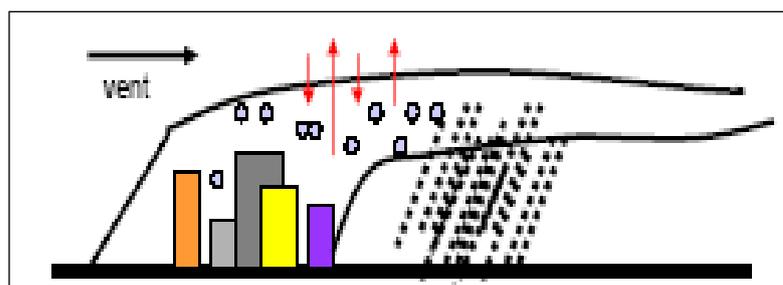


Figure n°33 : Formation des précipitations en milieu urbain
 Source : Joëlle Goyette Pernot et Raphaël Compagnon, 2003

Certaines villes induisent une augmentation des précipitations totale estimée à 51 %. Ce phénomène pourrait fortement augmenter en Asie (à cause de la croissance conjointe des villes, de l'automobile et de l'usage du charbon) ([NASA, 2002](#)). Enfin, sachant que le cycle naturel de l'eau régénère près de 600 000 km³ chaque année, soit 0.04% de la quantité globale d'eau du globe. L'eau douce des rivières se mêle donc à l'eau salée des mers et l'eau salée s'adoucit en s'évaporant grâce à l'énergie solaire. L'eau douce se recycle

lentement mais ne disparaît jamais. Des déséquilibres importants peuvent toutefois apparaître dans ce cycle naturel dès que l'homme perturbe l'une des phases de son développement. C'est malheureusement souvent le cas pour les urbanisations de grande taille (**Sigrid Reiter, 2007**).

5.5. Impact de la densité urbaine sur l'humidité relative de l'air :

Il a été mis en évidence un déficit d'humidité relative au centre des agglomérations. Plus l'air est chaud plus il peut contenir de vapeur d'eau, donc en ville, la proportion entre la vapeur contenue dans l'air et celle qu'il faudrait pour atteindre le point de saturation est faible. En analysant les pressions de vapeur, la ville peut avoir un excès d'humidité, qui est faible par rapport à la campagne particulièrement les nuits d'été, lié entre autre à la vapeur d'eau dégagée par les processus de combustion des véhicules, les émissions industrielles et l'irrigation des parcs et jardins (**J. Unger, 2001**). Chandler et Hage attribuent ce phénomène à une évaporation continue la nuit en ville, alors que la rosée rapporte la vapeur d'eau de l'atmosphère au sol à la campagne. En effet, les valeurs de l'humidité plus élevée à la campagne la journée peuvent être attribuées à une évapotranspiration plus importante. Autour du coucher du soleil, les gradients de température nous ont montré que l'environnement rural se refroidit plus rapidement donc devient plus stable que l'air dans la canopée urbaine. Donc, à la campagne, l'humidité va être ramenée dans les couches les plus basses où elle va être par conséquent plus concentrée. Plus tard, dans la nuit, une inversion de température peut se former et l'humidité contenue dans la couche de surface est ramenée à la surface par condensation. En ville, une faible évapotranspiration, peu de rosée, la vapeur anthropique et la stagnation de l'air dans les canyons permet de maintenir une atmosphère plus humide la nuit qu'à la campagne. Aussi, l'advection d'air de la campagne vers la ville, la nuit, liée au gradient de pression peut éventuellement influencer l'humidité de l'air en ville. Ces différences ont une influence sur le flux de chaleur latente, mais ont aussi un effet radiatif non négligeable. L'humidité de l'air est donc un paramètre primordial à prendre en compte dans l'analyse de la climatologie urbaine (**De Hatten, Anne, 2002**). En été, le taux d'humidité relative dans les villes est habituellement inférieur de 10 % à celui des régions avoisinantes. En hiver, la différence est beaucoup moins grande. Ces chiffres présentent cependant certaines ambiguïtés, puisque l'humidité relative dépend de la présence d'eau et de la température. En hiver, par exemple, on note très peu de différence (environ 2 %). L'utilisation de combustibles fera augmenter quelque peu la teneur en eau de l'air (**Bonavitacola. M, 2001**) (Figure n°34).

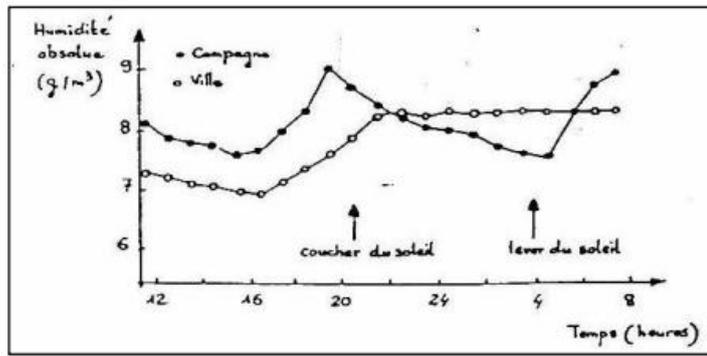


Figure n°34 : Variation diurne de l'humidité absolue entre une zone urbaine et une zone rurale en été

Source : Bonavitacola.M, 2001

Conclusion:

Aborder le sujet de la densité urbaine dans le contexte environnemental exige la prise en compte d'un ensemble de paramètres et facteurs qui sont liés directement aux centres urbains du point de vue géographique, morphologique et surtout climatique. Il a été prouvé d'après l'élaboration des différentes parties du présent chapitre que les tissus urbains notamment ceux qui caractérisent les centres d'agglomérations connues généralement par leurs fortes densités urbaines, comportent toute une variété d'éléments importants qui sont à leurs tours assez bien affectés par le degré de cette densité.

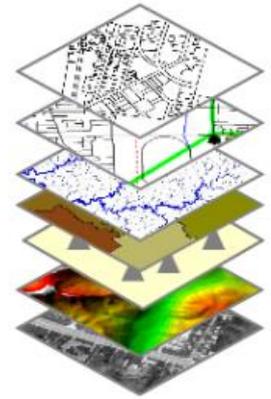
Ceci dit que si la densité urbaine peut être évaluée par ses propres indicateurs qui peuvent nous orienter à mieux estimer son ampleur, elle ne peut guère être abordée loin des caractéristiques physiques du site. La forme urbaine adoptée, les matériaux exploités favorisant une minéralisation des surfaces urbaines, manque de sources d'humidification, tout ceci lié à une forte densité engendrent des impacts considérables sur l'ensemble des paramètres microclimatiques à savoir : la température de l'air et de surfaces, le mouvement de l'air et sa qualité, les deux bilans thermique et radiatif.

Ces facteurs rappelons le, sont pratiquement les mêmes qui provoquent le phénomène microclimatique le plus préoccupant qui consiste en l'îlot de chaleur urbain. Toutefois, il a été constaté que l'importance de la densité urbaine dans l'analyse et l'évaluation du microclimat urbain, demeure importante car elle contribue considérablement à la régulation de l'ambiance extérieure notamment radiative.

Le rôle de la densité urbaine a été pris en considération au niveau de ce chapitre selon ses différentes définitions. La densité de population, la densité du bâti, le COS, le CES. Ce sont des concepts différents or ils se rencontrent forcément lors de la lecture du tissu urbain et chacun d'eux ouvre un axe de recherche et un champ de réflexion qui contribue à mieux cerner cette large problématique de l'impact de la densité urbaine sur l'environnement urbain en l'occurrence "le microclimat".

En fin de ce chapitre, on a estimé intéressant de procéder à la proposition de solutions possibles et de recommandations souhaitées afin d'améliorer le microclimat urbain en se basant sur la densité urbaine. Le choix adéquat de celle-ci contribue à minimiser les effets néfastes de la forte urbanisation des centres villes. En deuxième position, viennent l'humidification, la végétalisation et la forme urbaine en vue de compléter la tâche qui reste dans le processus général de l'amélioration du microclimat urbain.

"Si la modélisation nécessite des compétences techniques, la transversalité liée aux données existantes à différentes échelles, la gestion des plans d'Urbanisme dans le temps restent complexes"M. Bruno MELI



CHAPITRE IV

*La densité de l'habitat individuel à
la ville d'Ain Smara;
Le « SIG », Outil d'analyse et
d'investigation*

Introduction:

L'accélération de l'urbanisation liée sans doute à une population urbaine en perpétuelle croissance a généré une multitude de phénomènes propres aux agglomérations urbaines dont certains affectent considérablement la qualité de vie en ville notamment en optant pour des densités urbaines qui ne prennent pas en compte la réalité climatique.

Dans ce même contexte, **Rémy Allain (2004)**, dans son ouvrage intitulé "Morphologie Urbaine" et en donnant son propre point de vue sur la façon de percevoir la densité urbaine a conclu à titre d'exemple que les axes de transport suscitent des densifications linéaires et que les lignes de transport en commun renforcent le phénomène de couloirs de fortes densités ce qui influe d'une façon ou d'une autre sur le mouvement de l'air au sol et sur la qualité de vie dans les espaces extérieurs en général.

Alors, parler de la densité en ville nous ouvre plusieurs axes et également plusieurs façons de l'apercevoir et de l'évaluer: Densité de population, densité de constructions, densité d'activités et de services...etc. Toutes ces notions s'articulent autour du concept "Morphologie Urbaine" qui se définit selon les chercheurs du Martin Centre de Cambridge comme l'association de la forme tridimensionnelle d'un groupe de bâtiments, de son étalement et de la volumétrie des espaces extérieurs qu'ils créent.

La notion de densité a toujours été centrale dans la pratique de la ville, elle joue un rôle important dans de nombreuses réglementations d'urbanisme, en particulier dans celles qui concernent les instruments d'aménagement et d'urbanisme.

D'autre part, la notion de densité du point de vue réglementaire et environnementale a été largement abordée et analysée par **Musy (2006)** d'une façon différente mais assez rapprochée des dispositions réglementaires algériennes en la définissant par deux indicateurs à savoir La densité surfacique qui correspond au coefficient d'emprise au sol du projet urbain, et la densité volumique qui représente le volume construit rapporté au territoire du projet qui n'est autre que l'assiette foncière, il s'est également basé sur ces deux paramètres dans le but d'arriver à définir un indicateur morpho climatique. Dans ce même contexte, et d'après les dispositions du règlement algérien en vigueur en matière d'urbanisme, il s'avère que le coefficient d'occupation au sol (COS) et par conséquent le coefficient d'emprise au sol (CES) sont d'une grande importance quand à l'évaluation et la maîtrise de la densité urbaine. Toutefois, Le COS et le CES, avant d'être deux indicateurs de densités, sont considérés comme des droits à construire.

Le Décret exécutif n°91-178 du 28/05/1991 modifié et complété, dans son article 18 du chapitre III, indique que Le plan d'occupation des sols se traduit par un règlement qui contient entre autres la partie de règles fixant pour chaque zone homogène les droits de

construire attachés à la propriété du sol exprimés par le coefficient d'occupation du sol (COS) ainsi que le coefficient d'emprise au sol (CES). Suite à quoi, notre présente recherche est basée sur l'évaluation de l'effet de ces deux indicateurs de densité urbaine sus cités au niveau de la ville d'Ain Smara sur le microclimat urbain dans le but d'arriver à définir une méthode d'évaluation et de contrôle permettant de mettre en place un indicateur morpho-climatique lié à la densité et au climat local et qui pourra être pris en compte par la réglementation urbaine actuelle.

Le rapport entre les paramètres microclimatique et la densité urbaine est certainement fort. En effet, il est connu qu'une forte densité est reflétée souvent par une compacité importante du tissu urbain ce qui a comme résultat à titre indicatif la réduction de la surface réceptrice du rayonnement solaire. En ce qui concerne le choix de l'outil d'analyse et d'investigation, et vu les grands avantages qu'offre le SIG (Voir plus de détail en annexes) dans le domaine de la gestion cartographique et thématique dans des domaines divers, on a estimé très efficace voire indispensable de l'exploiter dans le cadre de la présente recherche.

L'analyse urbaine dans son sens le plus large trouve dans le SIG un atout incontestable car toute approche ou intervention urbaine nécessite inévitablement la manipulation d'une multitude de cartes et d'informations. Les données climatiques et microclimatiques peuvent également être introduites, analysées et superposées à d'autres données pour pouvoir ensuite diagnostiquer et interpréter la réalité urbaine, morphologique et microclimatique afin de faire ressortir d'éventuelles anomalies pour pouvoir proposer des solutions.

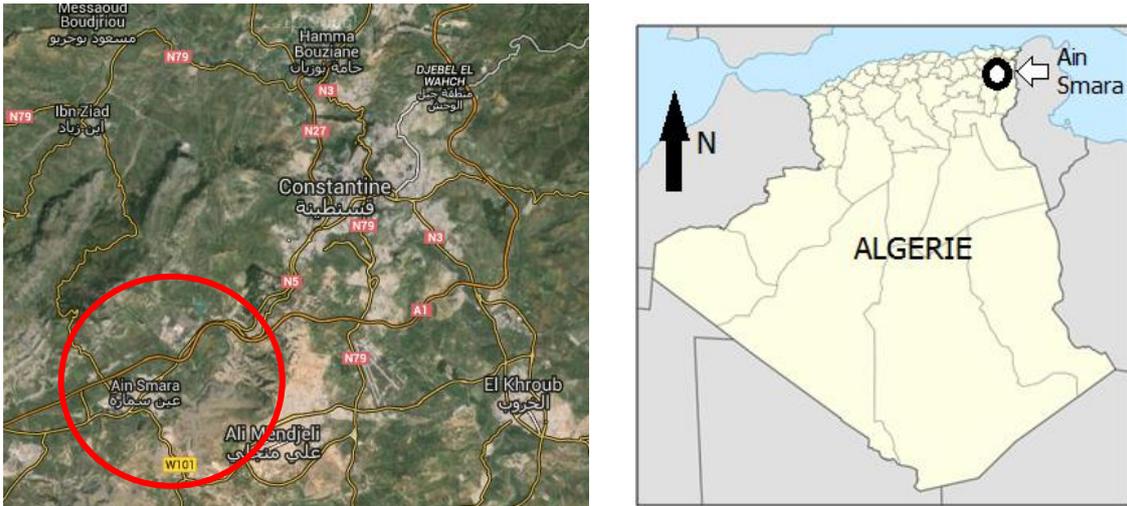
La spécificité de la thématique en question exige (comme il a été mentionné auparavant au chapitre II) l'intervention sur des échelles urbaine variées. Pour cela, la première ébauche a concerné une étendue géographique assez large traduite dans notre cas pas la totalité de la ville d'Ain Smara intitulée "Cas d'étude n°I" où une large investigation a eu lieu et qui consistait en une campagne de mesure des différents paramètres microclimatiques au niveau d'un grand nombre de stations. Deux autres échelles urbaines sont investiguées au niveau du chapitre prochains.

Le présent chapitre s'est accentué sur la présentation de l'état des lieux de la densité de l'habitat individuel en particulier à travers la ville d'Ain Smara et ceci sur la base du CES et du COS.

CAS D'ETUDE N°1: VILLE D'AIN SMARA

1. Présentation de la ville d'Ain Smara:

Ain Smara est une petite ville de la wilaya de Constantine. Située au Nord-Est Algérien (Figures n°1), elle se trouve à environ 16Km du chef lieu de wilaya du son côté Sud-Ouest. Sa position géographique se fixe à 36,26°N de latitude et 6,50°E de longitude. Ain Smara est connue par son climat Semi Aride. Administrativement, Ain Smara est dépendante de la daïra d'El Khroub comme mentionné sur la figure n°2.



Figures n°1 : Situation de la ville de Ain Smara
Source : Google map, 2014

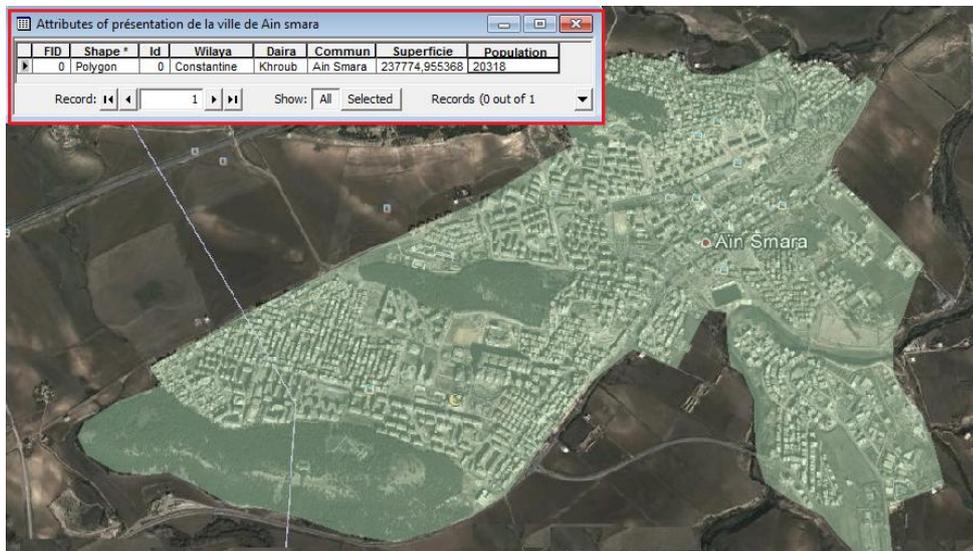


Figure n°2 : Introduction de la base des données administratives de la ville de Ain Smara dans Arc-Gis

2. Classification climatique: (Voir plus de détails en annexe)

D'après la classification zonale indiquée ci dessous, Ain Smara est située dans la zone climatique d'hiver H2a caractérisée par des hivers froids avec un écart de température diurne important (Figure n°3) et la zone climatique d'été E2 (**Dib Michel Nadia,1993**) caractérisée

par des étés plus chauds et moins humides avec des écarts de température diurne également importants. (Figure n°4).

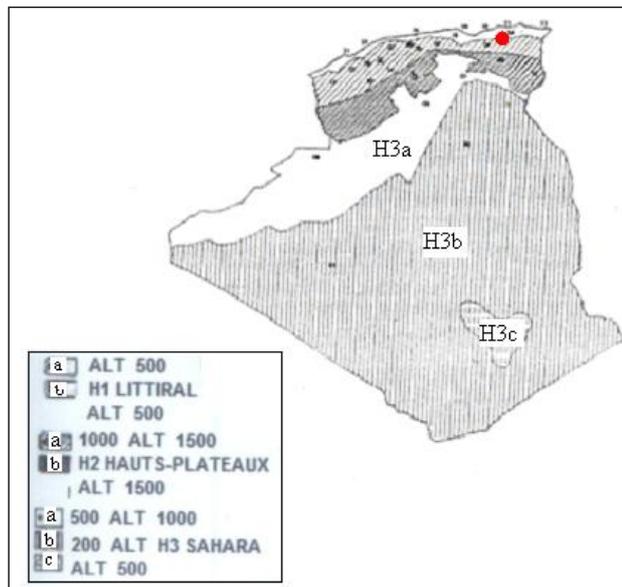


Figure n°3 : Les zones climatiques d’hiver en Algérie
Source : ENAG,1993

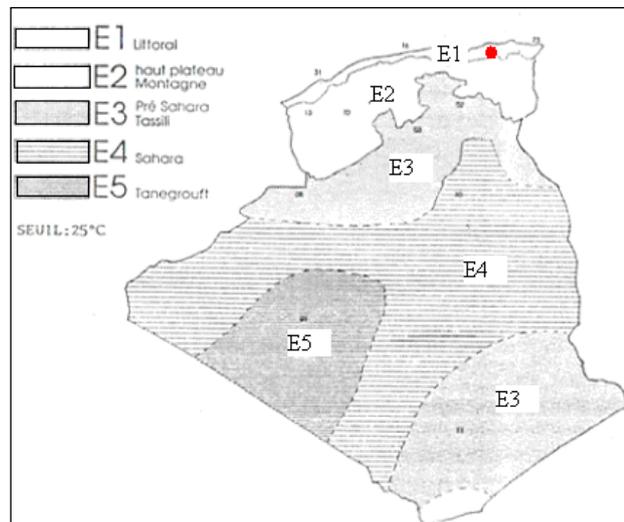


Figure n°4 : Les zones climatiques d’été en Algérie
Source : ENAG,1993

3. Topographie de la ville:

La reconnaissance de la topographie de la ville d'Ain Smara, s'est initiée par le positionnement des différents points d'altitudes tels que définis par Google Earth (Figure n°5). Ces derniers après avoir été introduits sur une "table" dans Arc-Gis permettent la lecture en 3D de la topographie du site de Ain Smara (Figure n°6). Le relief de la ville consiste donc en une succession de collines et de pentes formant ainsi des crevasses. Les collines d'une altitude

approximative moyenne de 600m sont occupées en totalité au niveau de leurs sommets par des forêts urbaines, tandis que l'urbanisation s'est installée au niveau des versants mais surtout au cœur des crevasses. Selon les coupes topographiques effectuées à travers les quatre côtés de la ville (Figures n°7 et 8) cette topographie est assez apparente. Le point le plus bas du relief est celui de l'Oued qui traverse la ville du côté Sud-Est.



Figure n°5: Définition des différentes altitudes du site

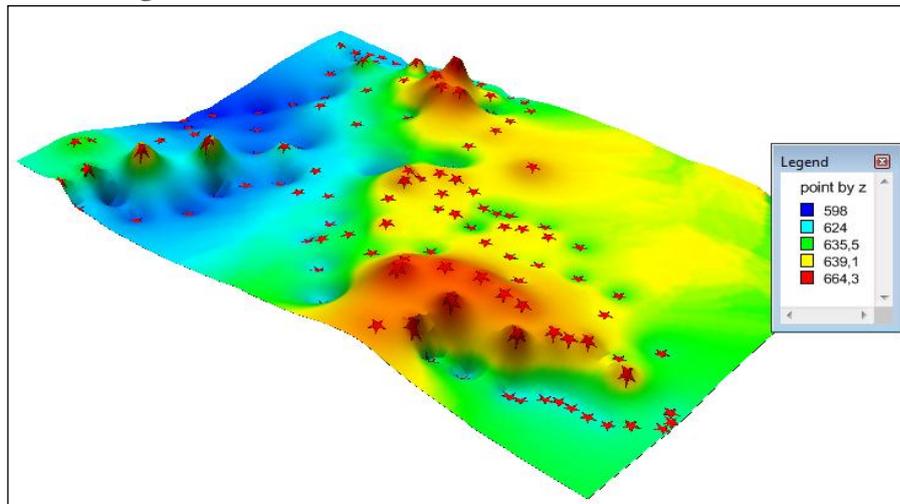


Figure n°6: Vue en 3D du relief de la ville de Ain Smara

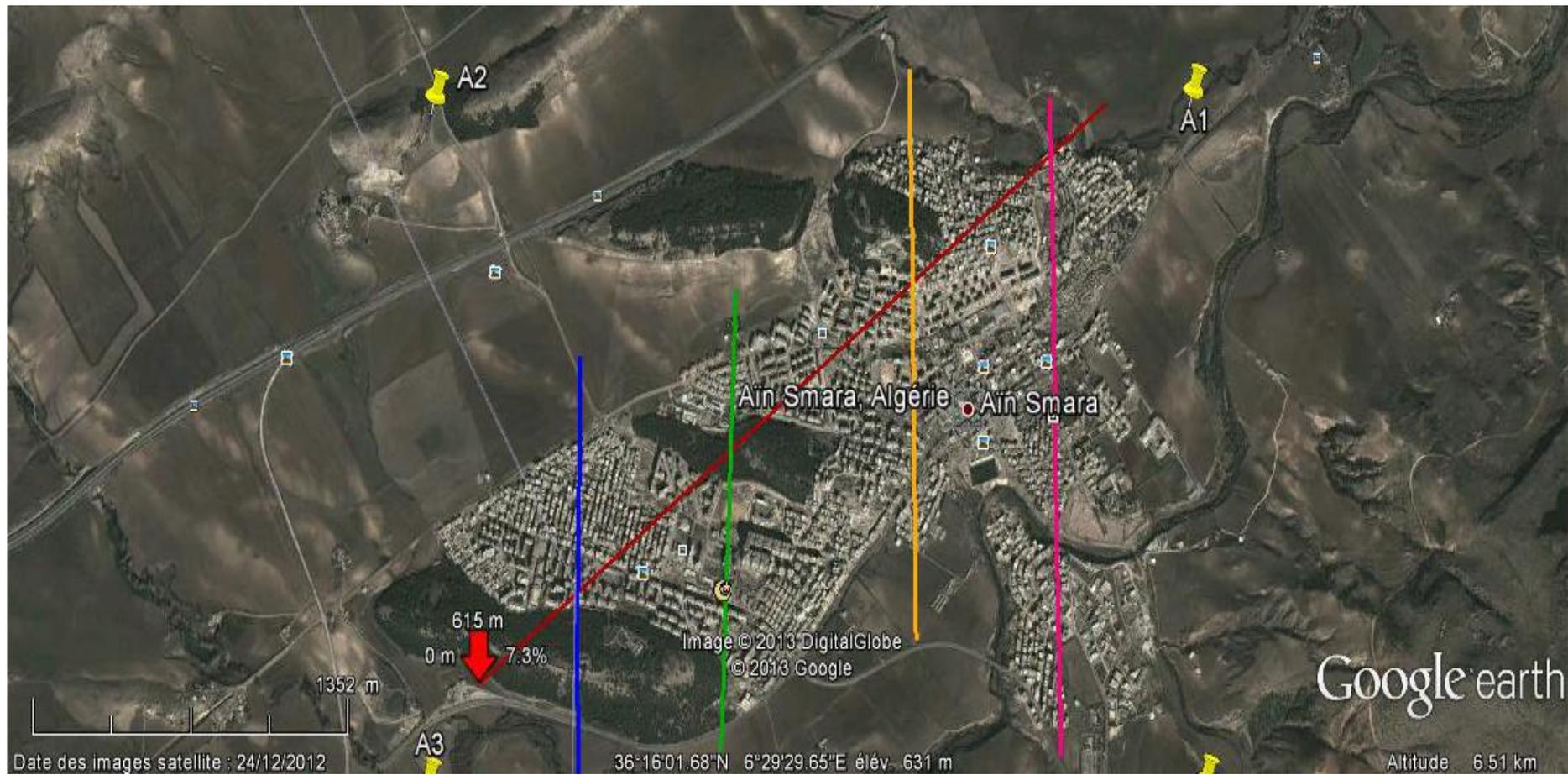


Figure n°7: Coupes topographique sur la ville de Ain Smara en exploitant Google Earth

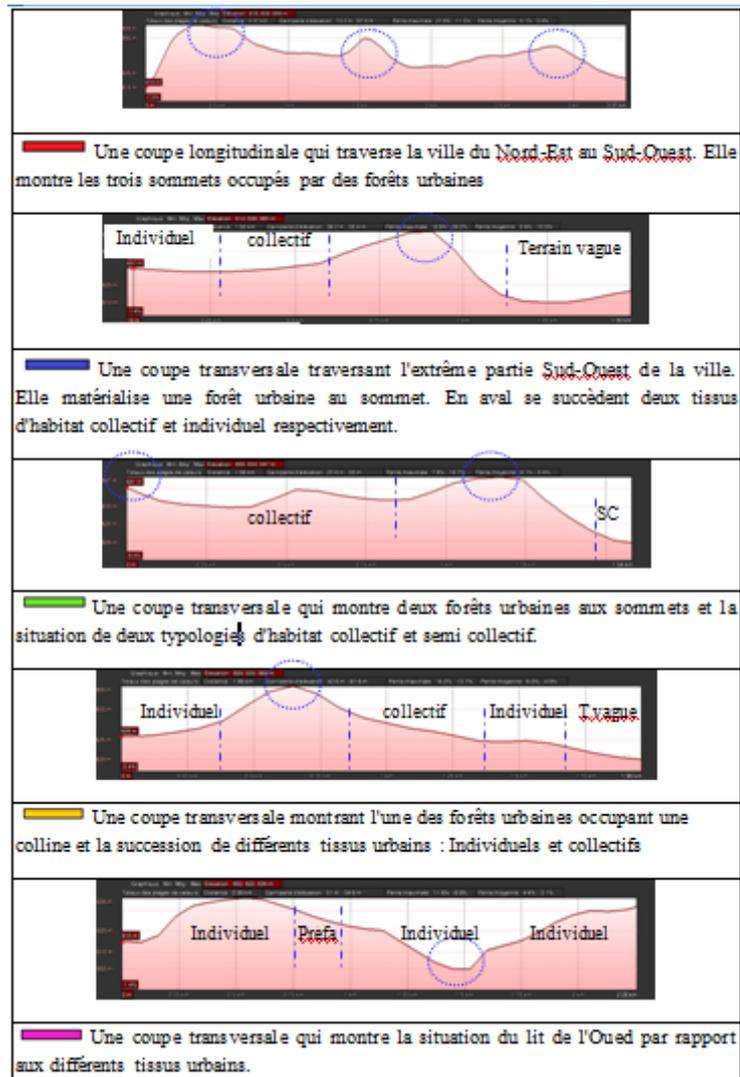


Figure n°8: Coupes topographique sur la ville d'Ain Smara en exploitant Google Earth

4. Définition des entités urbaines de la ville d'Ain Smara:

La ville d'Ain Smara est en effet considérée comme secteur urbanisé (Voir plus de détail à l'annexe n°2). Il s'agit d'un tissu urbain mixte abritant essentiellement des différents quartiers d'habitat de différentes typologies, les équipements publics, les services et plusieurs forêts urbaines. Chaque typologie d'habitat est représentée en tant que table à partir de laquelle plusieurs cartes thématiques peuvent être conçues, superposées et par conséquent analysées par rapport à d'autres. La représentation graphique du site offerte par "Arc-Gis" permet de faire la distinction entre les différentes entités : l'habitat individuel en Magenta, l'habitat collectif en Jaune, l'habitat semi collectif en Marron et enfin les forêts urbaines en Vert (Figure n°13). A noter qu'il est toujours possible de combiner les données des différentes "tables" afin de les analyser les unes par rapport aux autres. Selon la figure n°14, on déduit que l'occupation du sol de l'ensemble de la ville d'Ain Smara est caractérisée par une nette dominance de l'habitat individuel avec un pourcentage de 60%, l'habitat collectif à son tour

occupe près de 38% du territoire de la ville, tant dis que l'assiette totale abritant l'habitat semi collectif est limité à 2%.

5. Investigation sur terrain:

Une investigation exhaustive a été effectuée sur terrain afin d'une prise de mesures in situ relative aux différents paramètres microclimatiques (température de l'air, humidité relative de l'air et le vitesse du vent) caractérisant plusieurs stations réparties sur le territoire de l'ensemble de la ville. L'investigation s'est déroulé pendant 5 jours en été (Juin 2014) et 5 jours en hiver (Décembre 2014) en intégrant les deux solstices. L'interprétation des résultats quant à elle a concerné les deux journées (la plus chaude et la plus froide). L'outil de mesure consistait en un "Thermo-couple" (Figure n°9). Pour cela, 29 stations ont été repérées (Figure n°12) comportant des groupements d'habitat individuel, collectif et semi collectif. Les mesures de la largeur des rues ainsi que la hauteur des constructions exprimées en mètres ont été effectuées par un Disto-mètre (Figure n°10). Le facteur de visibilité du ciel (en anglais SVF) est calculé sur la base de photos prises par un appareil photo ayant un objectif fish-eye de 180° (Figure n°11) exportées au modèle de simulation Rayman. Ce programme permet de calculer le SVF avec un grand degré d'exactitude.



Figure n°9: Thermo-couple fish-eye



Figure n°10: Disto-mètre

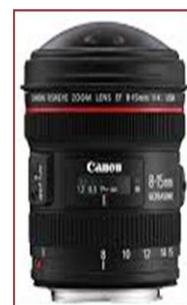


Figure n°11: Objectif

A rappeler donc que les 29 stations de mesure (Tableau n°1) ont concerné les sites réservés à l'habitat toute typologie confondues (individuel, collectif et semi collectif). Toutefois, il a été constaté l'ampleur de la présente thématique et pour cela, il a été décidé de limiter la recherche à la typologie dominante qui est "l'individuel". Les résultats relatifs aux autres typologie feront l'objet de recherches futures (Voir conclusion générale et recommandations).

Les principes mis en compte durant les phases de l'investigation ont été les suivants:

1. Nécessité de procéder à la prise de trois mesures (en moyenne) au niveau de chaque groupement afin de calculer la moyenne des valeurs obtenues relatifs particulièrement aux paramètres microclimatiques. Cette méthode vise la prise en compte de la majorité des formes urbaines et des géométrie urbaines existantes.
2. En ce qui concerne la prise des distances en mètre, il a été constaté que les largeurs des rues se rapprochent au niveau du même groupement, Néanmoins, une assez grande différence a été enregistrée concernant la hauteur des constructions que ce soit celles achevées ou en cours de réalisation. Ainsi, et pour plus d'exactitude, il a été procédé également au calcul de la moyenne de toutes les largeurs de rues existantes et de plusieurs hauteurs.
3. Pour le calcul du CES et du COS, on a eu recours tout d'abord à la consultation des différents documents des permis de lotir relatifs à l'ensemble des groupements d'habitat individuel existant. A ce stade, il est important de mentionner qu'au sein de cette typologie même existent plusieurs types à savoir : l'habitat individuel promotionnels (dits lotissements), habitat évolutif et enfin de l'habitat individuel préfabriqué. L'intérêt de prendre en compte tous ces types en même temps est justifié par la grande variété de leurs droits à construire (CES, COS, Hauteur) et par conséquent, sera offerte l'occasion d'évaluer des densités différentes.
4. Les stations d'habitat individuel sont au nombre de 14, mais ont été ensuite réduites à 12 en supprimant deux stations ayant exactement les même données que d'autres. Cette réduction a eu lieu afin d'éviter le risque de répétition. A préciser que le nombre de 14 est basé sur le fait de vouloir (tout à fait au début) couvrir tout le territoire de la ville.
5. Les principes d'investigation sus cités n'ont pas été appliqués à la fois. Ainsi, un déroulement hiérarchique a eu lieu et un phasage a été suivi, et à chaque fois que les résultats semblent ne pas aboutir à une vision claire et décisive concernant l'effet du CES et du COS sur le microclimat, on fait appelle à un autre niveau de recherche comme il sera détaillé ci après.

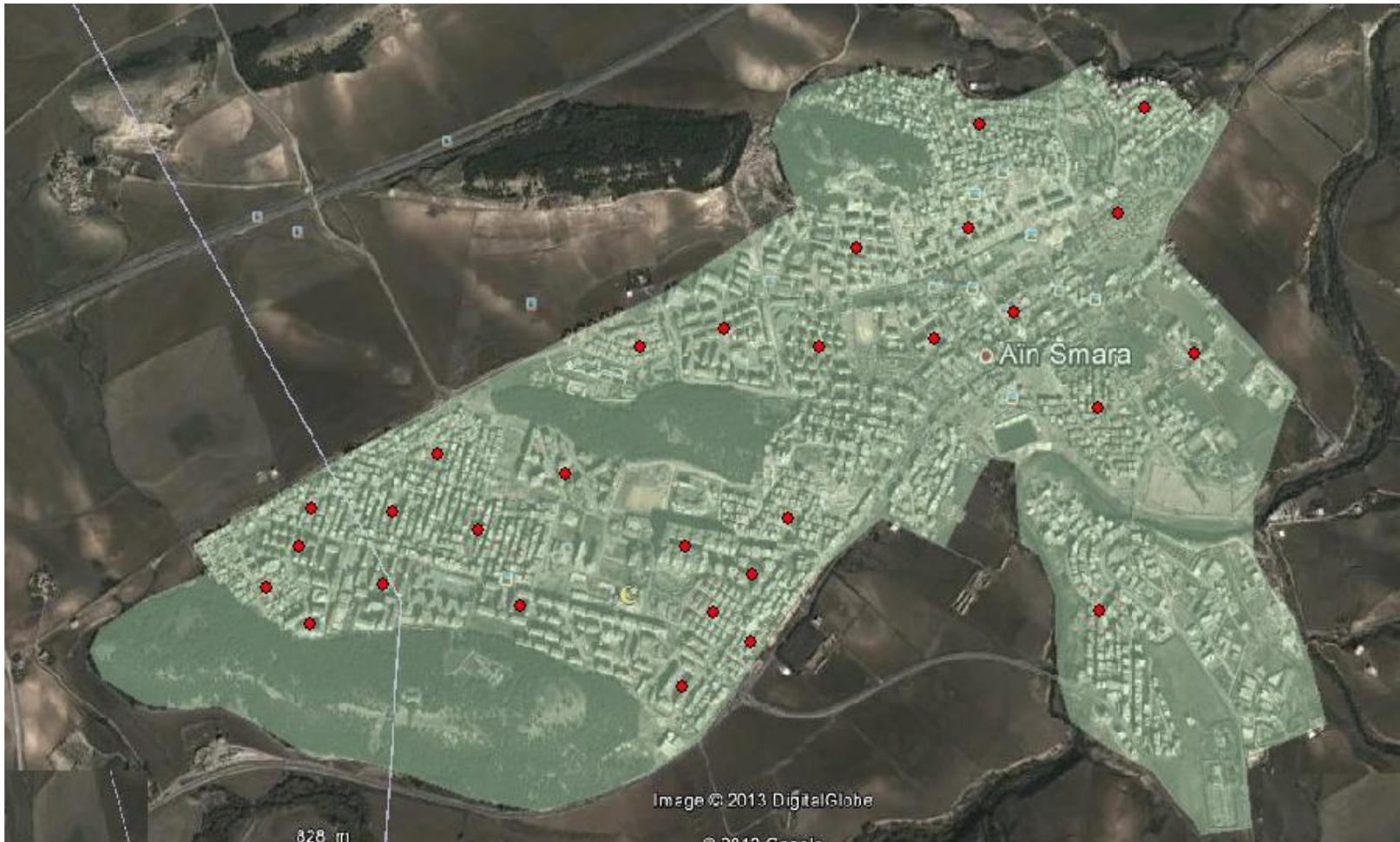


Figure n°12: Définition des différentes stations de mesure dans ArcGis

Entités urbaines de la ville de Ain Smara

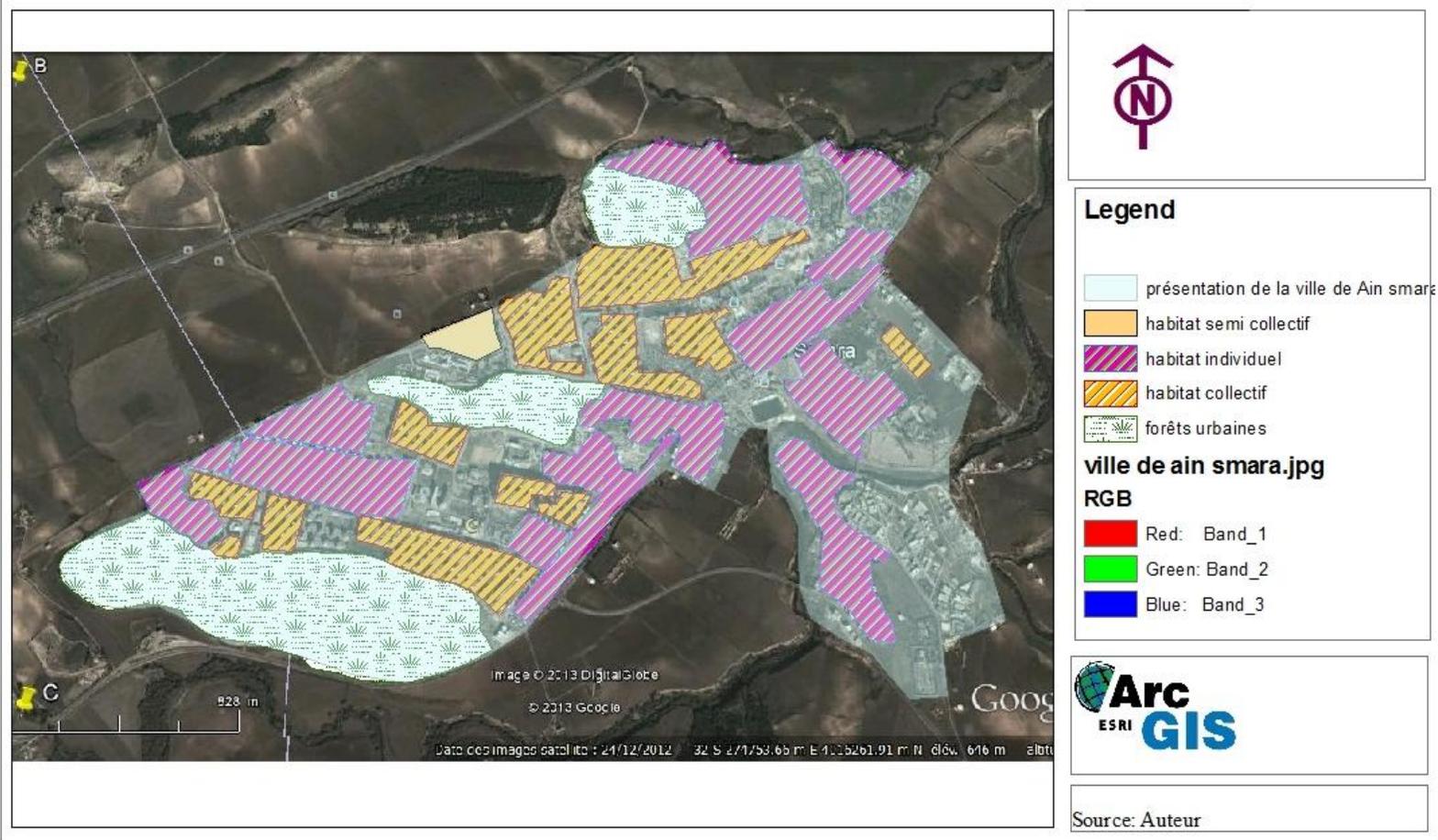


Figure n°13: Définition des entités urbaines existantes à Ain Smara

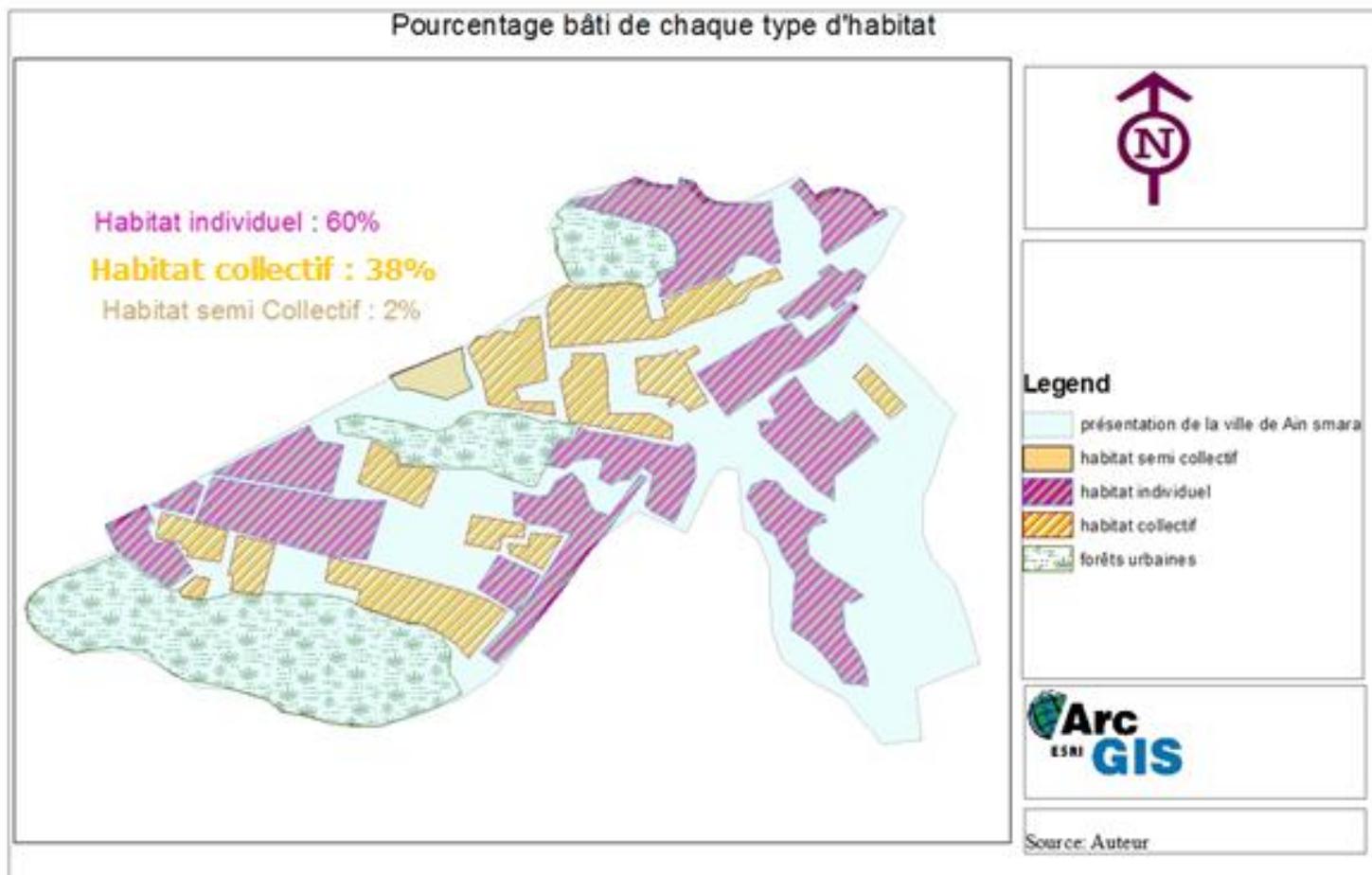


Figure n°14: Pourcentage d'occupation au sol de chaque type d'habitat
 COLL: 606756 m² (28%) – IND: 1195917 m² (60%) – SC: 36624 m² (2%)

Entités urbaine de la ville de Ain Smara avec les différentes stations de mesure

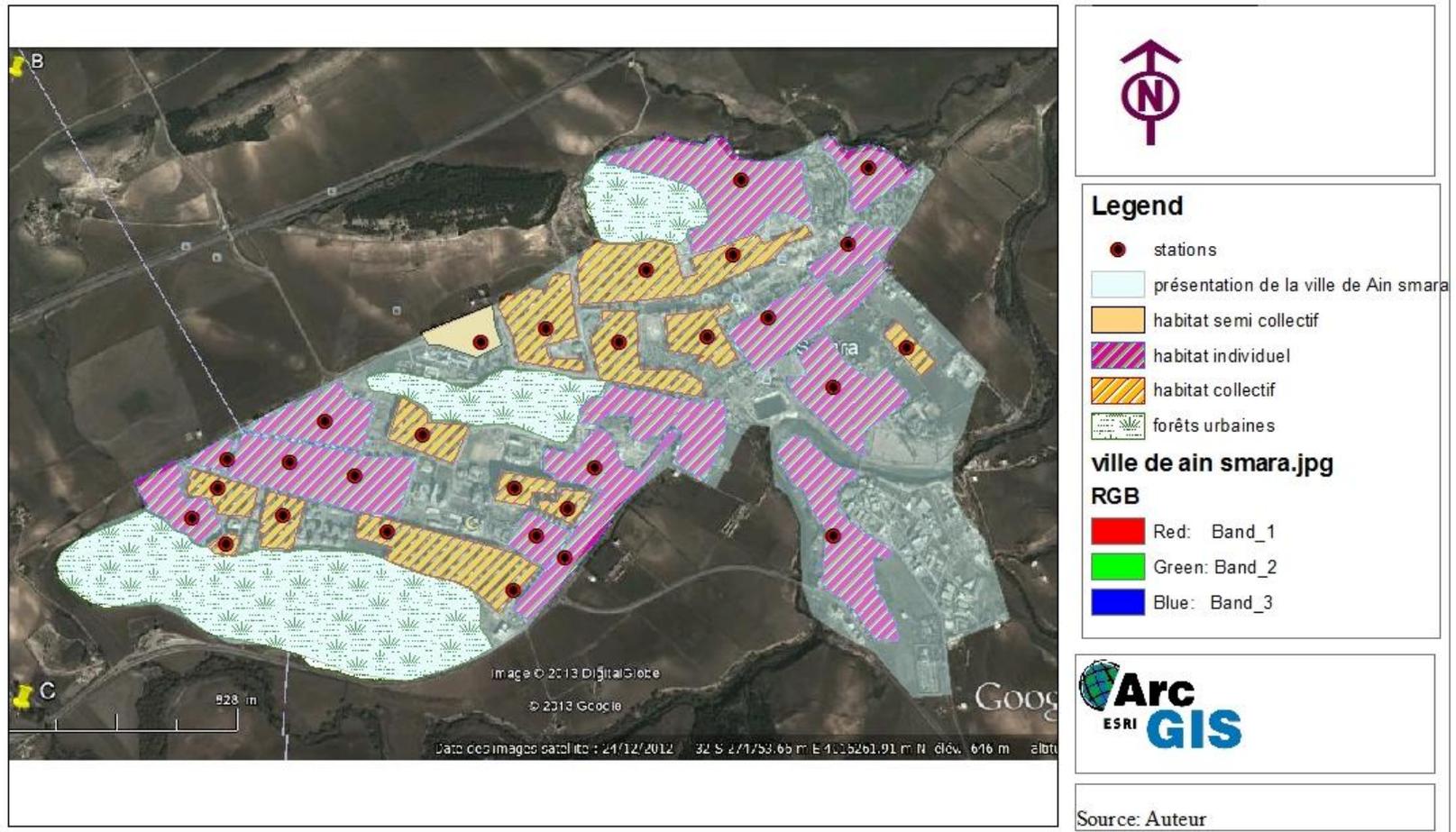
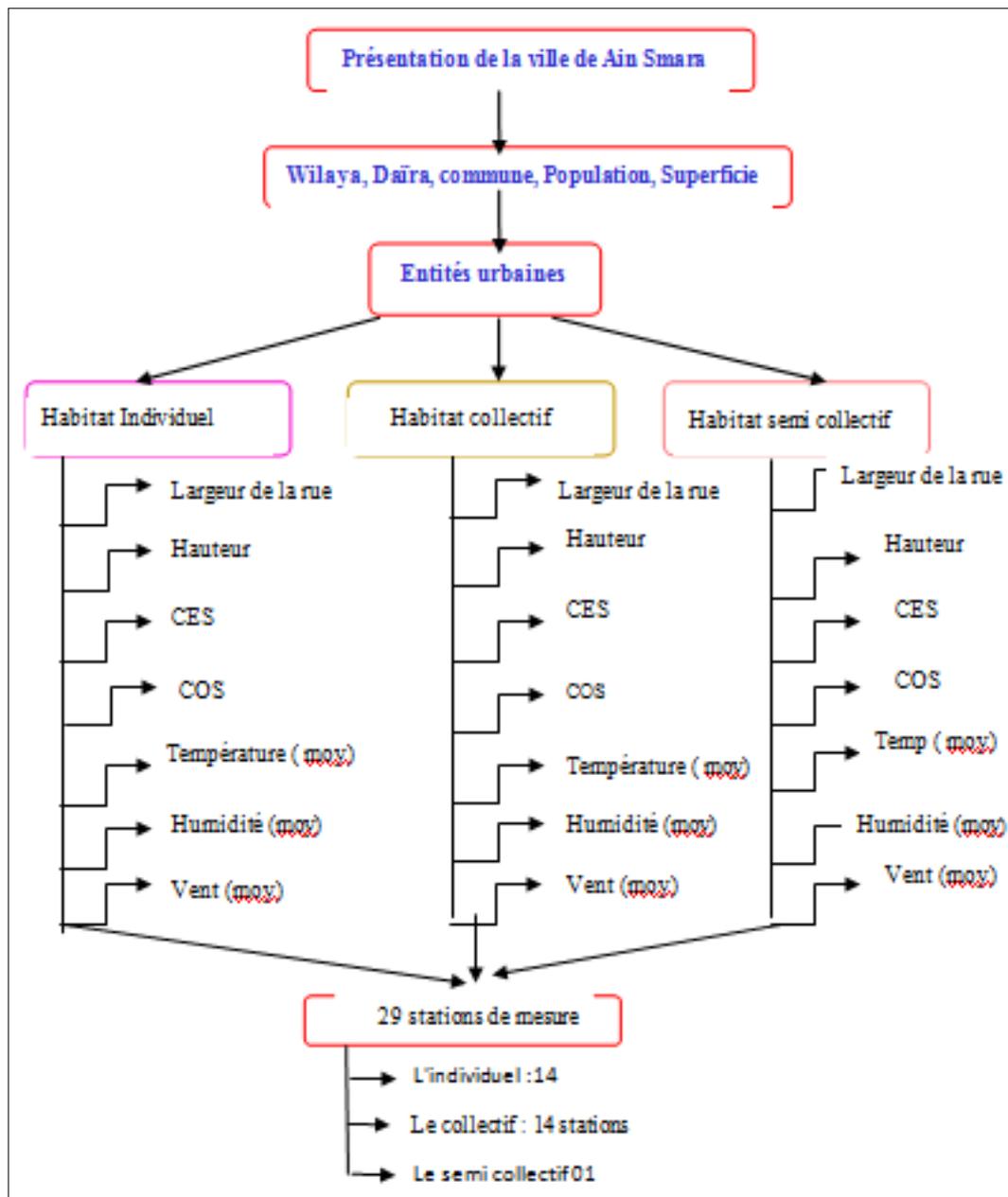


Figure n°15: Répartition des stations de mesure au niveau de la ville de Ain Smara

Conception de l'Architecture de la base de données appliquée dans ArcGis 9.3 basée sur l'investigation sur terrain:



5.1. Analyse thématique de la densité urbaine relative à l'habitat individuel à la ville d'Ain Smara:

5.1.1. Base de données préliminaire:

L'investigation une fois limitée à l'habitat individuel a été entamée d'abord par la prise de mesures des paramètres microclimatiques (Température de l'air, Humidité relative de l'air et La vitesse du vent) en été (le 21 Juin 2014) et en hiver (le 21 Décembre 2014), ainsi que le calcul du CES et du COS (Tableau n°1). L'évaluation de la densité urbaine

concerne à ce stade de la recherche tous les types d'habitat individuel (Lotissements promotionnels, évolutif et préfabriqué).

FIN	Shape *	Id	surface	Nbre d'étages	Nbre niveaux	ces	cos	temp(été)	hum(été)	vent(été)	tem(hiver)	hum(hiver)	vent(hiver)	
0	Polygon	0	50935	R+1		2	0,8	1,6	31,1	19,5	0	16	47,5	0,2
1	Polygon	0	18782	R+1		2	0,7	1,4	30,5	18,8	0,3	15,5	50	0,2
2	Polygon	0	164004	R+2		3	0,6	1,8	35,5	15	0,3	15	49,5	0,2
3	Polygon	0	61266	R+1		2	0,7	1,4	40	12,3	0	16	48,5	0,2
4	Polygon	0	26361	R+2		3	0,6	1,8	36,5	20,5	0,1	15,5	50,5	0,2
5	Polygon	0	275702	R+2		3	0,6	1,8	37,2	20,7	0,5	14,4	56,2	0,2
6	Polygon	0	132467	R+2		3	0,6	1,8	31	25,5	0,1	15,6	49,5	0,2
7	Polygon	0	181827	R+2		3	0,6	1,8	32	26,5	0	15	53	0,3
8	Polygon	0	58482	R+2		3	0,6	1,8	32,6	26,2	0,1	14,5	50,5	0,3
9	Polygon	0	87791	R+2		3	0,6	1,8	33,3	26,5	0	14,5	46,2	0
10	Polygon	0	33833	RDC		1	0,5	0,5	31,2	25,5	0,3	14,5	51,8	0,2
11	Polygon	0	104467	R+2		3	0,6	1,8	31,2	26	0	15	50,1	0,1

Tableau n°1: Introduction de la base de données relative à l'habitat individuel dans Arc-Gis



Figure n°16: Numérotation des différentes stations de mesure de l'habitat individuel telle que présentée par Arc-Gis3

5.2. Premier constat : Rapport entre le COS et le CES (Approche géométrique)

5.2.1. Evaluation des indices de densité urbaine:

5.2.2. Rapport entre le COS et le CES:

En analysant la relation entre les deux indices de densités : le COS et le CES, la figure n°17 détermine trois cas distincts, le premier s'étale entre un CES égal à 0,5 qui correspond à une cité préfabriquée à un seul niveau (RDC) jusqu'à une valeur de 0,6 qui correspond aux différents lotissements d'habitat individuel où la grande majorité des constructions sont édifiées avec la norme dictée par le permis de construire à savoir : un CES=0,6 et un

COS=1,8. La relation entre les deux indices est nettement proportionnelle. Le deuxième cas est celui qui concerne le type de logement individuel dit "évolutif", où le parcellaire est caractérisé déjà par des surfaces assez réduite par rapport aux autres lotissements. L'emprise bâtie de ces derniers est comprise entre 70% et 80%, et le nombre de niveaux est limité à 2 (RDC+1) donc un COS compris entre 1.4 et 1.6 et ceci pour la plupart des constructions existantes ce qui justifie l'allure décroissante du graphe, qui malgré qu'il reprends une certaine croissance à sa fin, reste marqué par des valeurs assez réduites du COS pour des valeurs plus importantes du CES, dans ce cas on constate l'absence de concordance entre les deux indices. Dans notre cas cette déduction est du probablement à la variation des surfaces des parcelles (lots) constituant les différents types d'habitat individuels sus cités.

Cette conclusion a été mise en exergue par **R. Allain (2004)** qui a présenté le contenu du **Plan Local d'Urbanisme (PLU)** de Rennes de 2003, en précisant que dans une même parcelle de terrain, on peut avoir plusieurs propositions des valeurs du CES en gardant la même valeur du COS (**Marjorie Musy, 2010**). Toutefois, d'autres recherches se sont référées à des cas différents où une parfaite corrélation a été constatée entre le COS et le CES. Ce constat est remarqué surtout lorsqu'il s'agit de notions de centre et de périphérie d'agglomérations. Dans ce cas, l'idée adoptée par l'urbanisation moderne est d'opter pour une grande densité aussi bien horizontale que verticale au centre urbain et la diminuer également dans les deux sens à fur et à mesure que l'on s'approche du milieu rural (**Mohamed Benzerzour, 2004**). Un exemple similaire a été étudié par R. Allain en 2004 (**Saidouni Maouia, 2000**). Une autre recherche liée à cette problématique a pu déduire une méthode de calcul d'un indicateur dit de "compacité" qui a été déduit en calculant la densité verticale sur une hauteur moyenne fixe des différents étages des bâtiments en lui attribuant la valeur de 3m (**Noémie Gauthier, 2014**) ce qui est purement théorique et dans la plupart des cas loin de la réalité. Ce qui est d'ailleurs valable pour notre cas d'étude où on a constaté durant notre investigation que cette hauteur est trop exagérée notamment au niveau des Rez de chaussée.

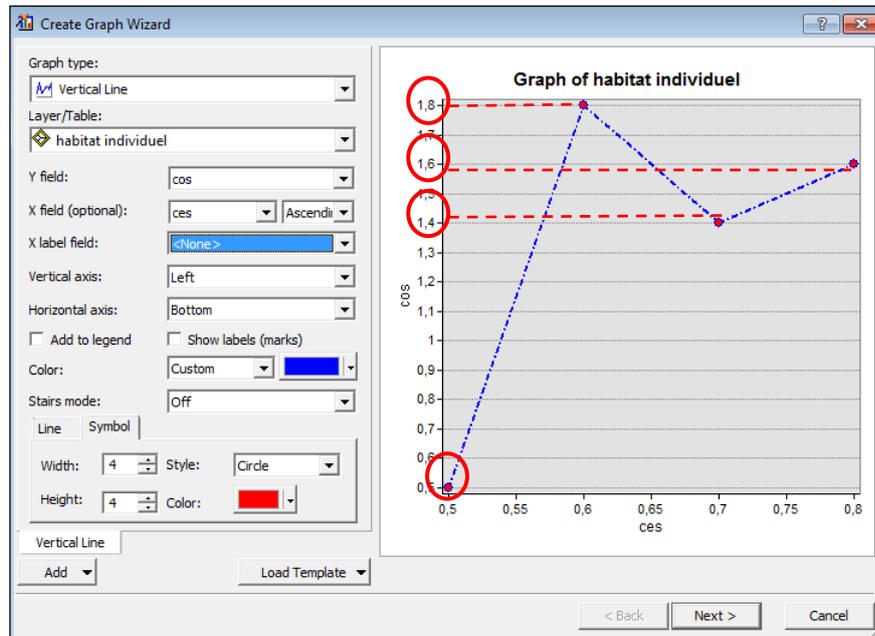


Figure n°17: Relation entre le COS et le CES

5.2.3. Rapport entre Nombre de niveaux et CES

Le nombre de niveaux des constructions individuelles au niveau des différents sites d'investigations est de l'ordre de 1 pour la cité préfabriquée, 2 pour les cités d'habitat individuel "évolutif" et 3 pour les différents lotissements éparpillés à travers la ville d'Ain Smara (Figure n°18). Ainsi, et si une certaine stabilité existe entre la hauteur des constructions et le CES au niveau des lotissements, il est remarqué que le cas est différent en ce qui concerne les cités évolutifs où la hauteur est toujours la même malgré que le CES est dans un ordre croissant. De ce fait, il est donc constaté que les cités évolutif sont caractérisés par les CES élevés (compris entre 0,7 et 0,8) et par des COS réduits (compris entre 1,4 et 1,6) et ce par rapport aux lotissements où le CES est en général égal à 0,6 et le COS est de l'ordre de 1,8.

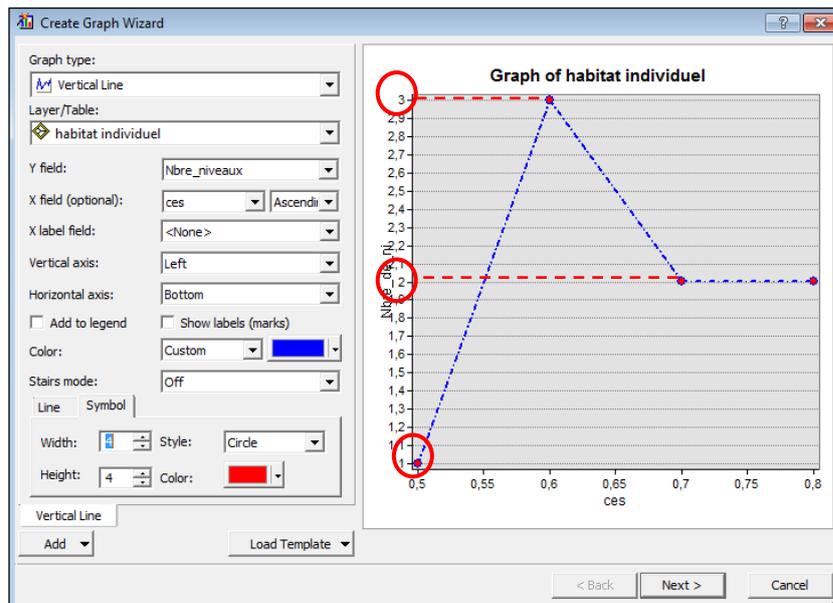


Figure n°18: Relation entre le CES et la hauteur des constructions

En conclusion partielle, et en procédant à cette investigation préliminaire couvrant toute la ville d'Ain Smara, spécifiquement au niveau des sites d'habitat individuel objet de la recherche, il est nettement constaté qu'aucun rapport clair n'est appliqué entre les deux indices de densité. Dans ce contexte, il n'est pas utile de vérifier le degrés de respect ou non des permis de construire délivrés par les autorités compétentes dictant une réglementation qui fait force de loi car la problématique en fin de compte concerne cette réglementation elle-même qui est d'une part figée en fixant un COS et CES inchangeable au niveau des lotissement promotionnels, et d'autre part ne donne pas un rapport d'échelle et d'éventuelle modification de l'un des deux indices si l'autre change pour une raison ou une autre tel qu'a été le cas pour les cités "évolutif".

5.3. Analyse thématique du microclimat urbain relatif à l'habitat individuel

"Période d'été"

Les figures n°20 à 23 représentent la synthèse cartographique de la campagne de mesure menée en été sur les sites d'habitat individuel de la ville. L'effet du CES et du COS a été évalué d'abord sur les paramètres microclimatiques et spécifiquement sur la température de l'air. Les figures n°24 à 27 schématisent graphiquement cet effet.

Evaluation du microclimat des sites d'habitat individuel en fonction du CES

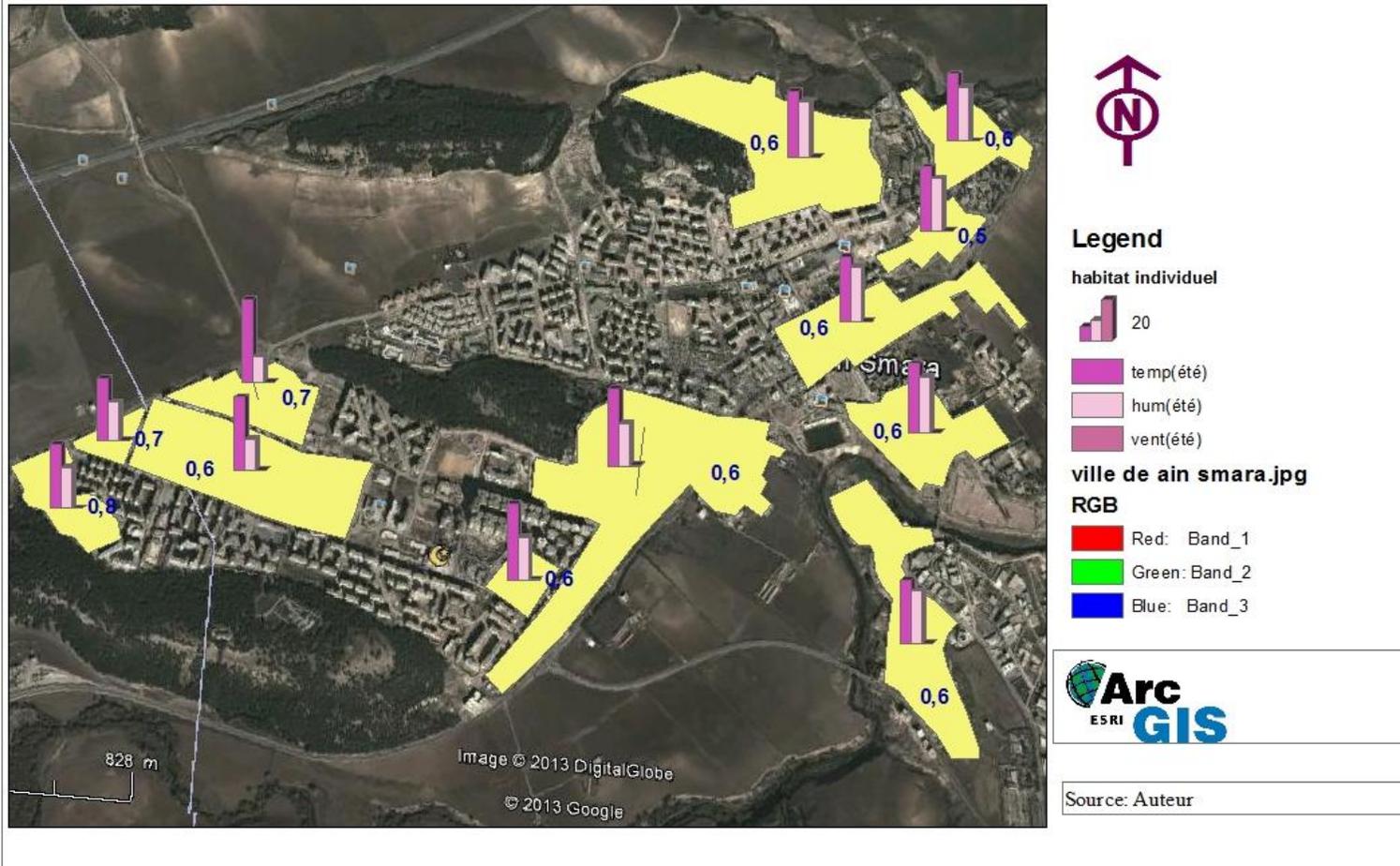


Figure n°19: Variation du microclimat urbain en été au niveau de l'habitat individuel en fonction du CES
Le 21/06/2014 à 12h00

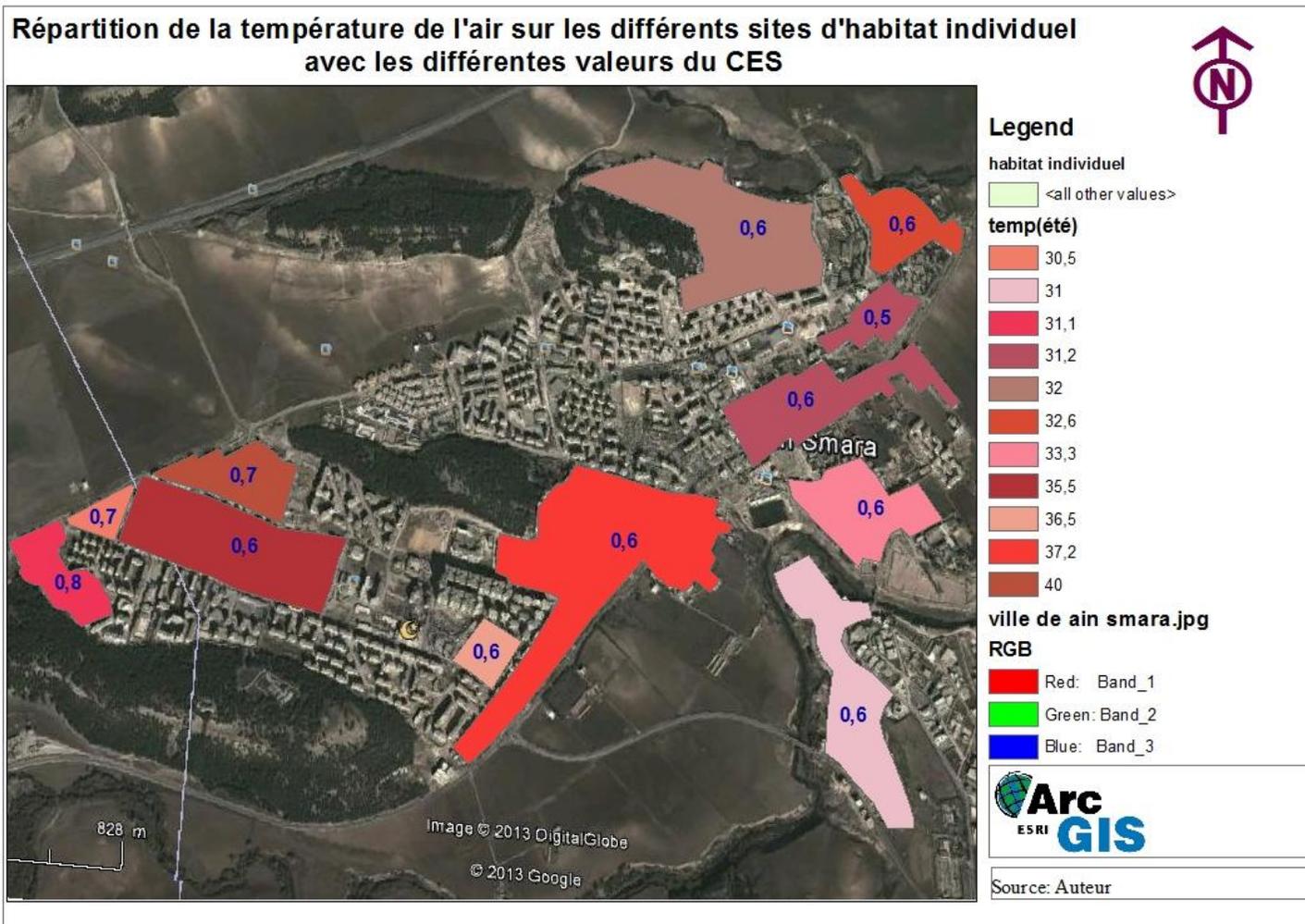


Figure n°20: Variation de la température de l'air en été au niveau de l'habitat individuel en fonction du CES
 Le 21/06/2014 à 12h00

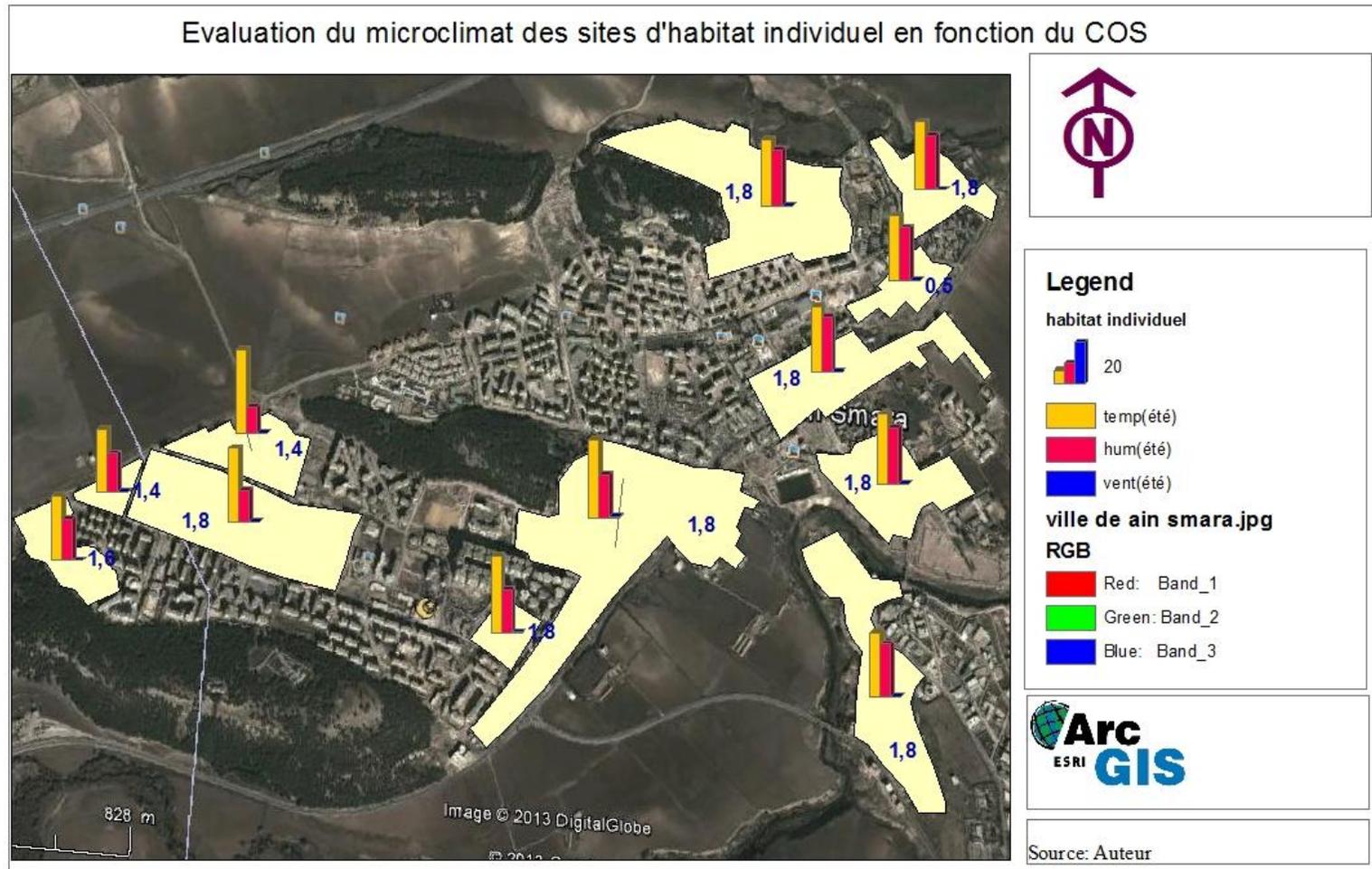


Figure n°21: Variation du microclimat urbain en été au niveau de l'habitat individuel en fonction du COS
Le 21/06/2014 à 12h00

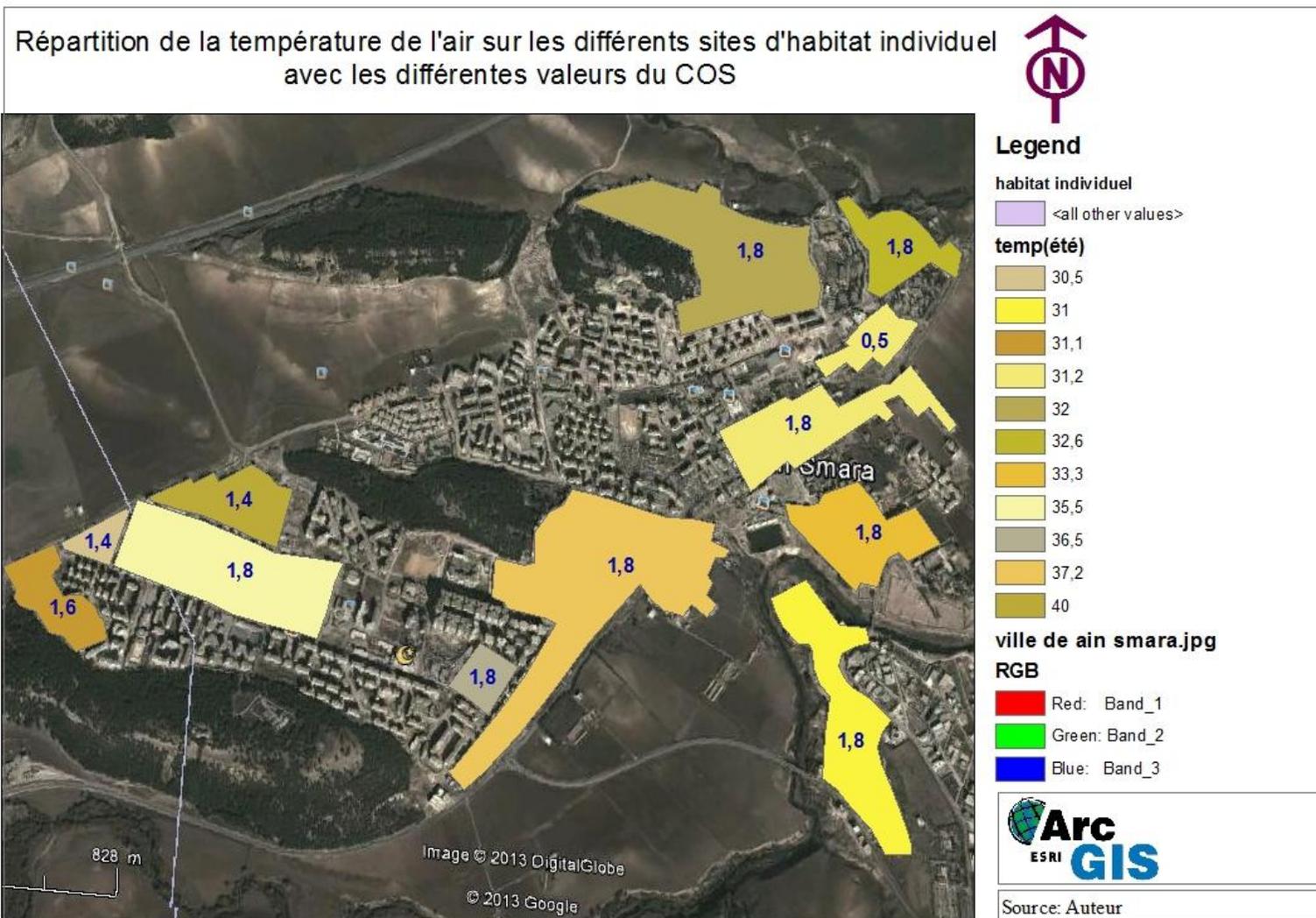
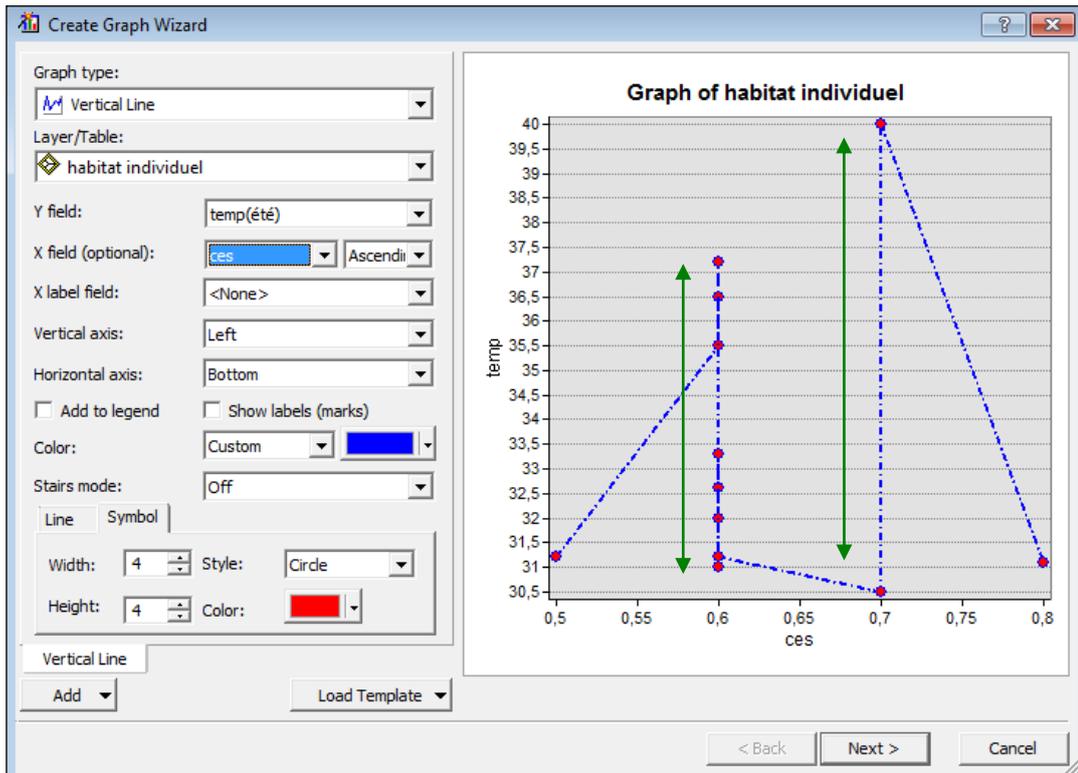
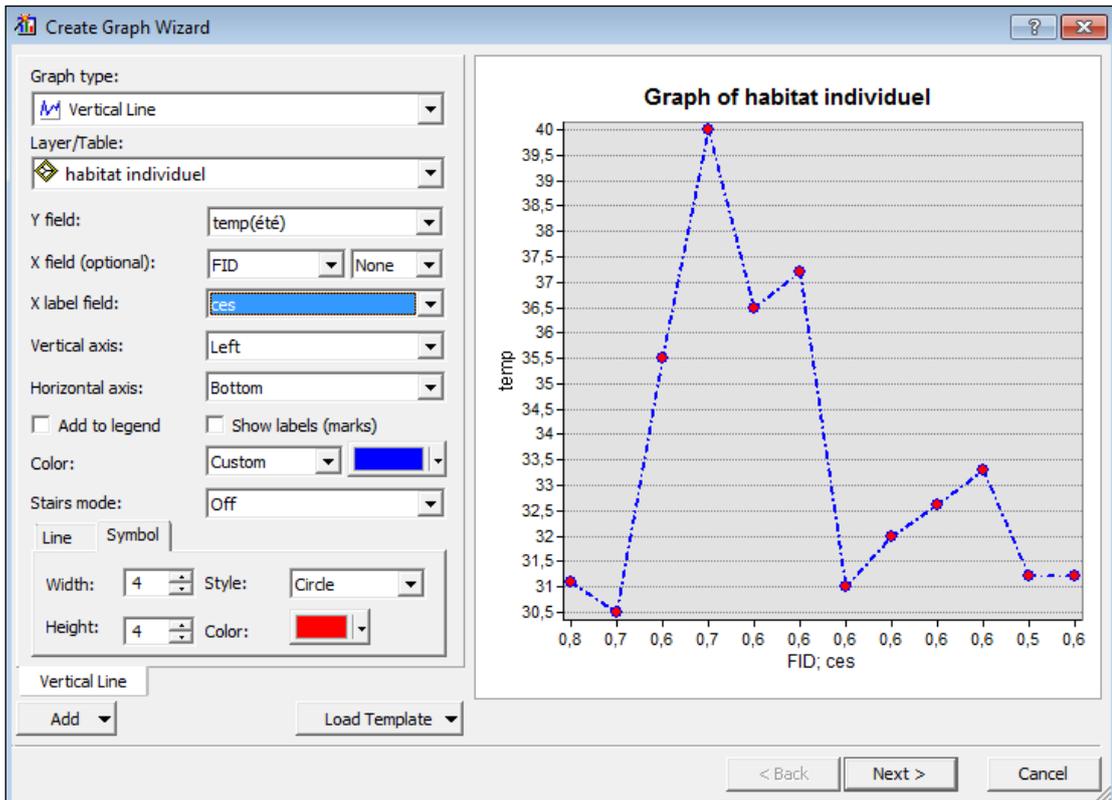
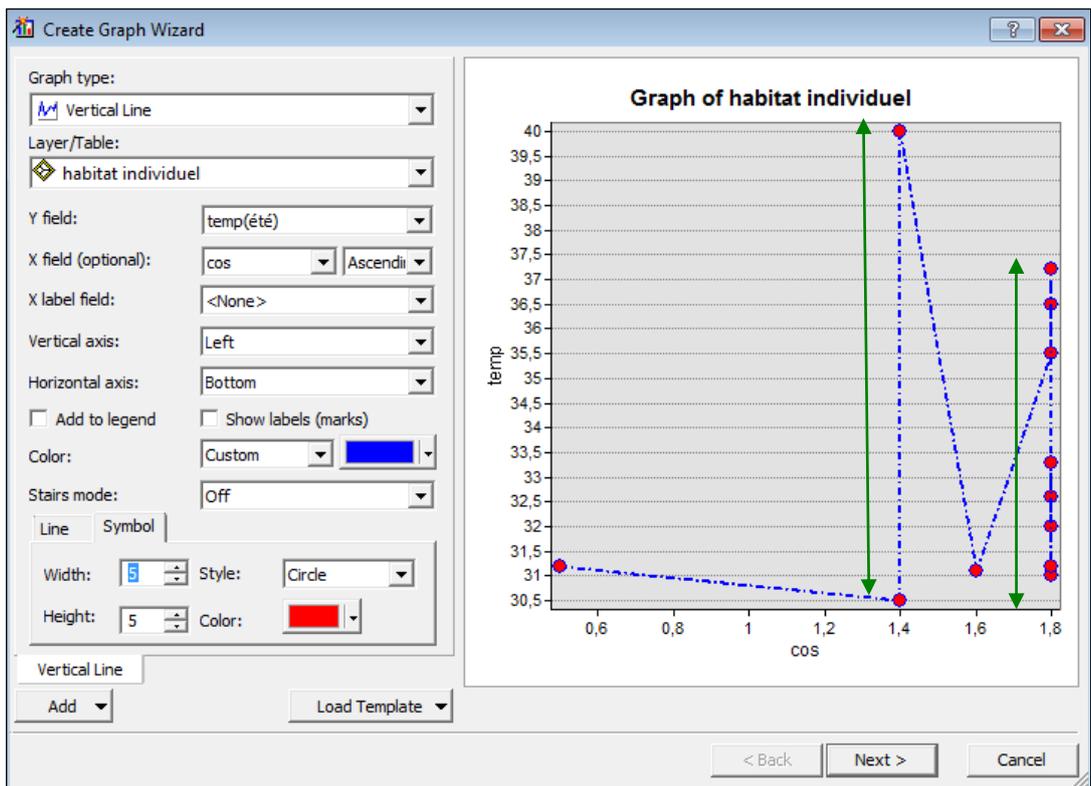
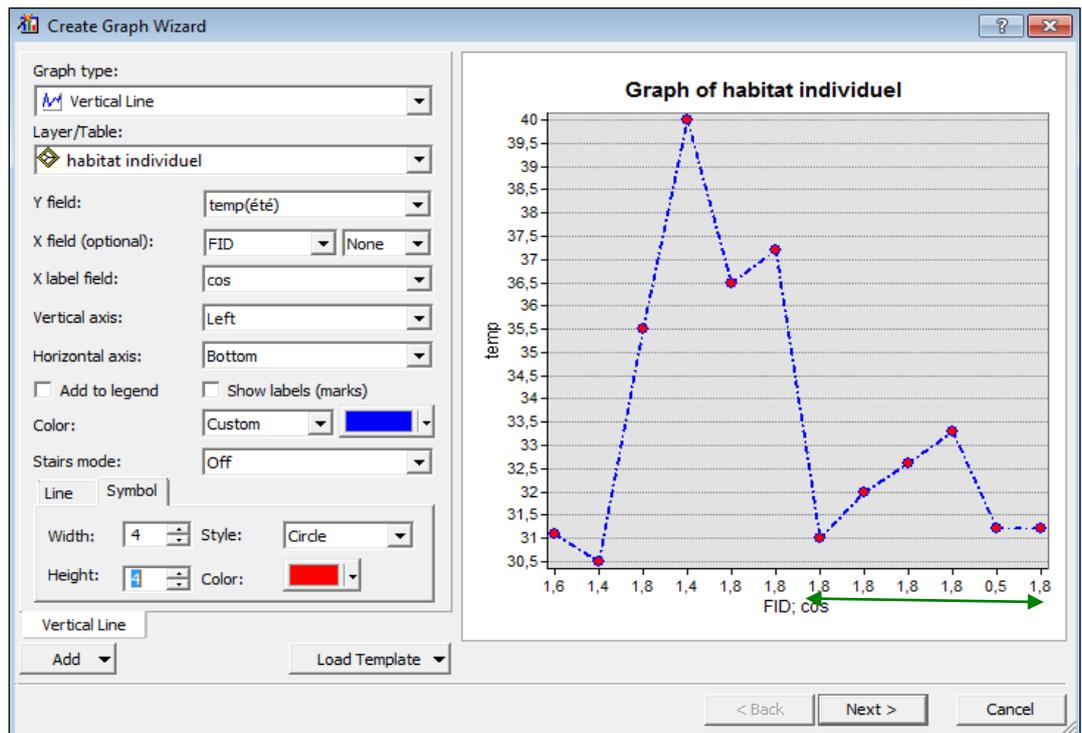


Figure n°22: Variation de la température de l'air en été au niveau de l'habitat individuel en fonction du COS
 Le 21/06/2014 à 12h00



**Figures n°23 et 24: Relation entre le CES et la température de l'air en été
Le 21/06/2014 à 12h00**



**Figure n°25 et 26: Relation entre le COS et la température de l'air en été
Le 21/06/2014 à 12h00**

5.4. Analyse thématique du Microclimat urbain de l'habitat individuel *"Période d'hiver"*

Les figures n°28 à 31 représentent la synthèse cartographique de la campagne de mesure menée en hiver sur les sites d'habitat individuel de la ville. L'effet du CES et du COS a été évalué d'abord sur les paramètres microclimatiques et spécifiquement sur la température de l'air. Les figures n°32 à 35 schématisent graphiquement cet effet.

Evaluation du microclimat des sites d'habitat individuel en fonction du CES

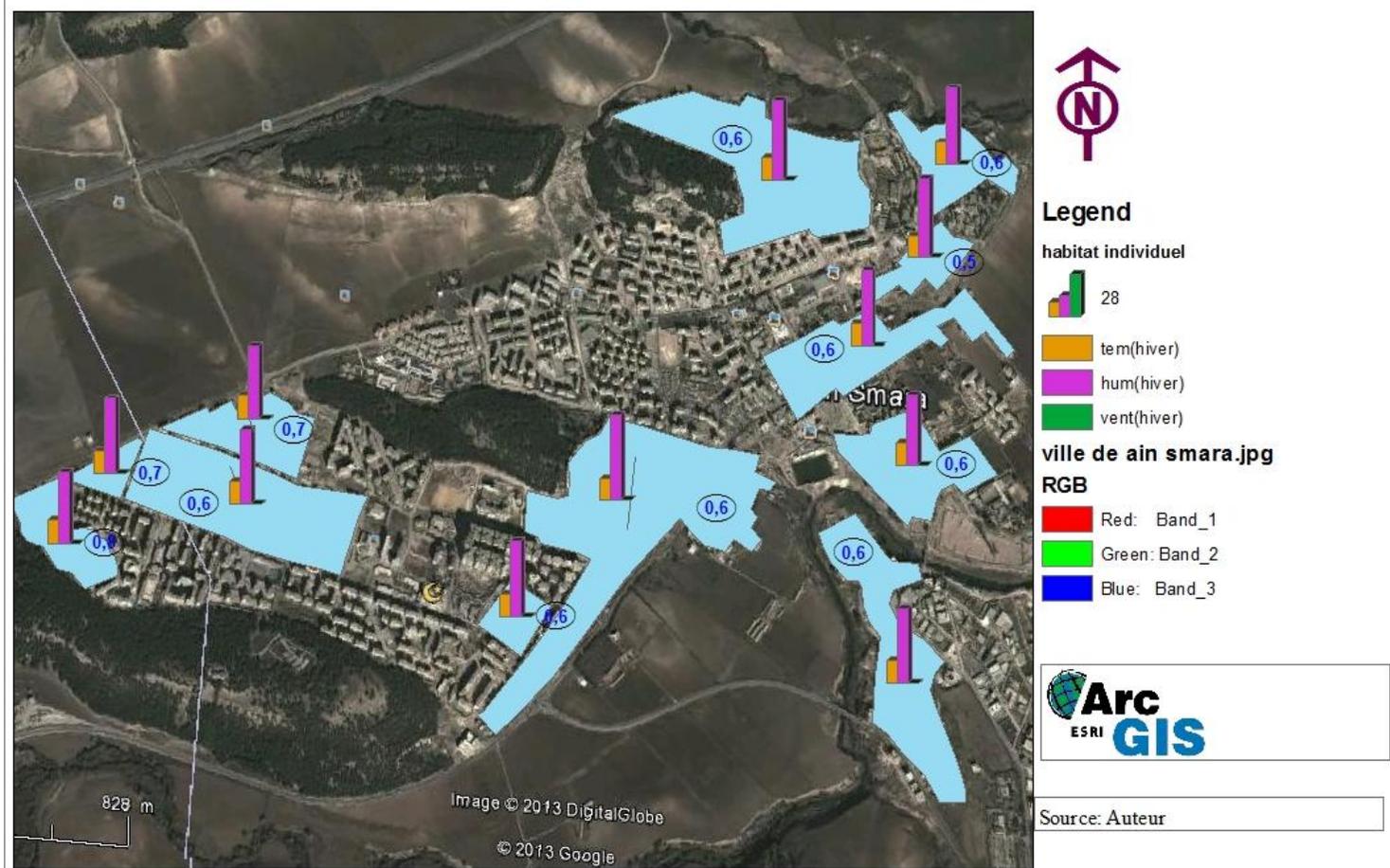


Figure n° 27 : Variation du microclimat urbain en hiver au niveau de l'habitat individuel en fonction du CES
Le 21/12/2014 à 12h00

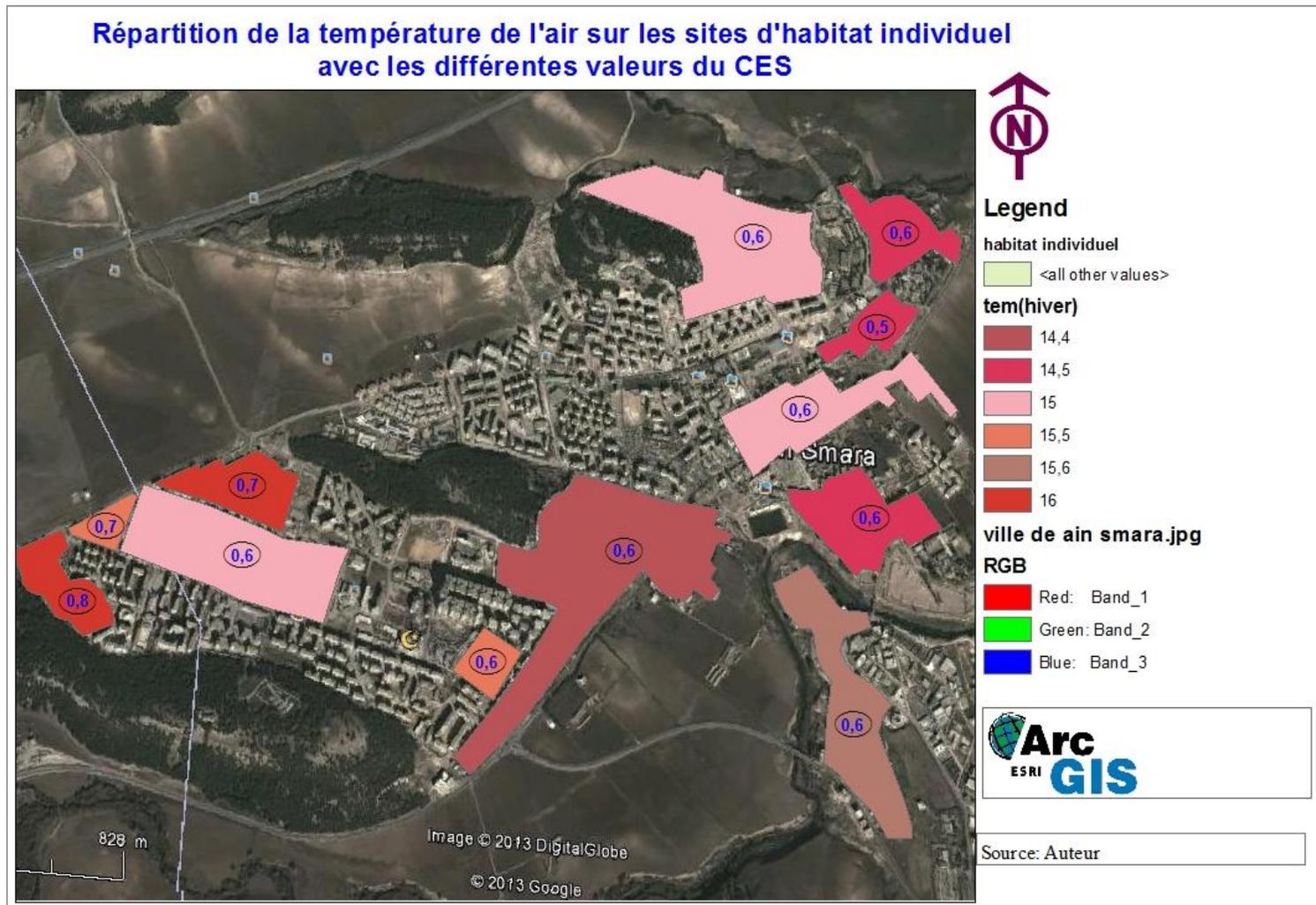


Figure n° 28: Variation de la température de l'air en hiver au niveau de l'habitat individuel en fonction du CES
 Le 21/12/2014 à 12h00

Evaluation du microclimat sur les sites d'habitat individuel en fonction du COS

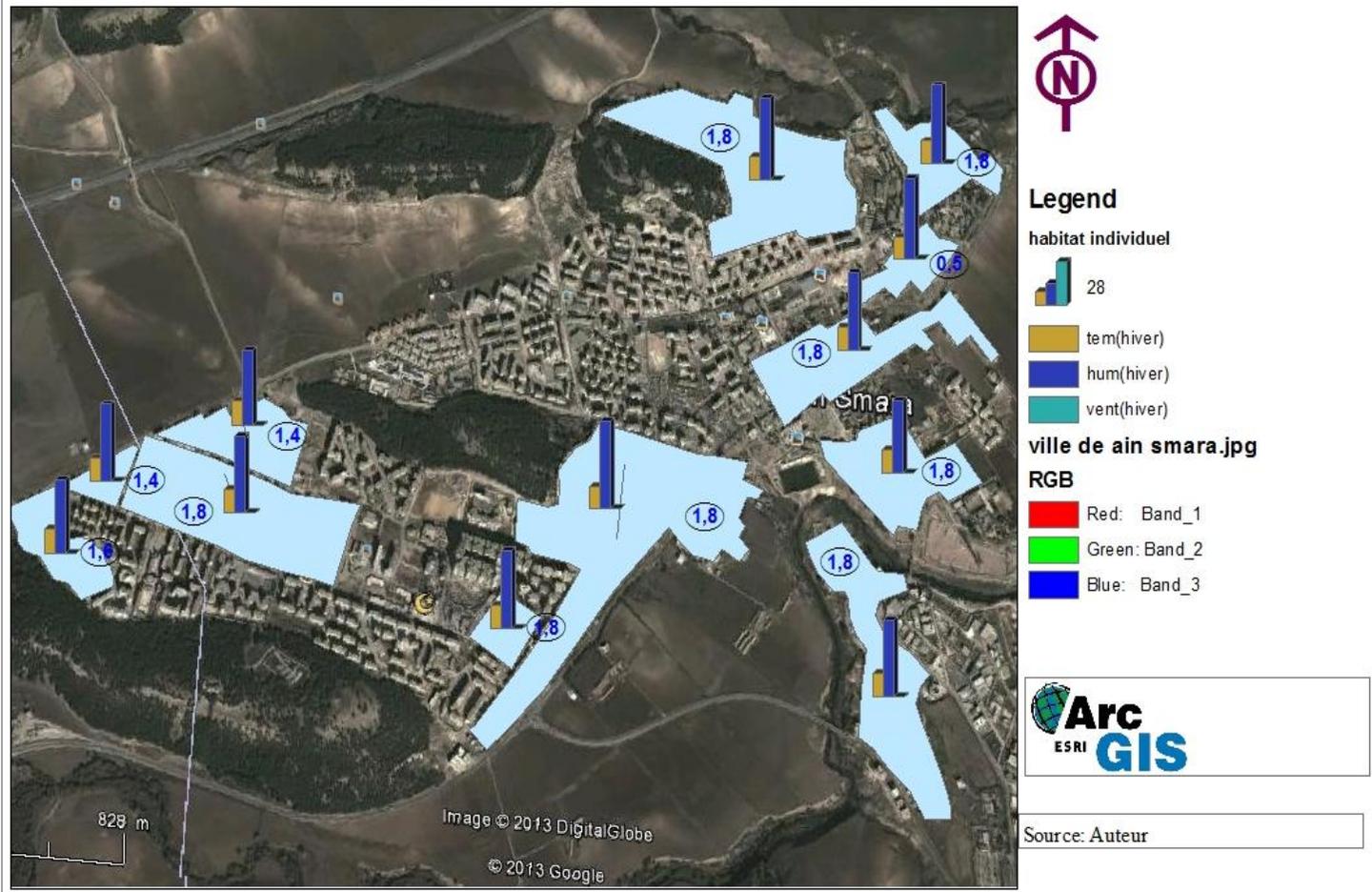


Figure n° 29: Variation du microclimat urbain en hiver au niveau de l'habitat individuel en fonction du COS
Le 21/12/2014 à 12h00

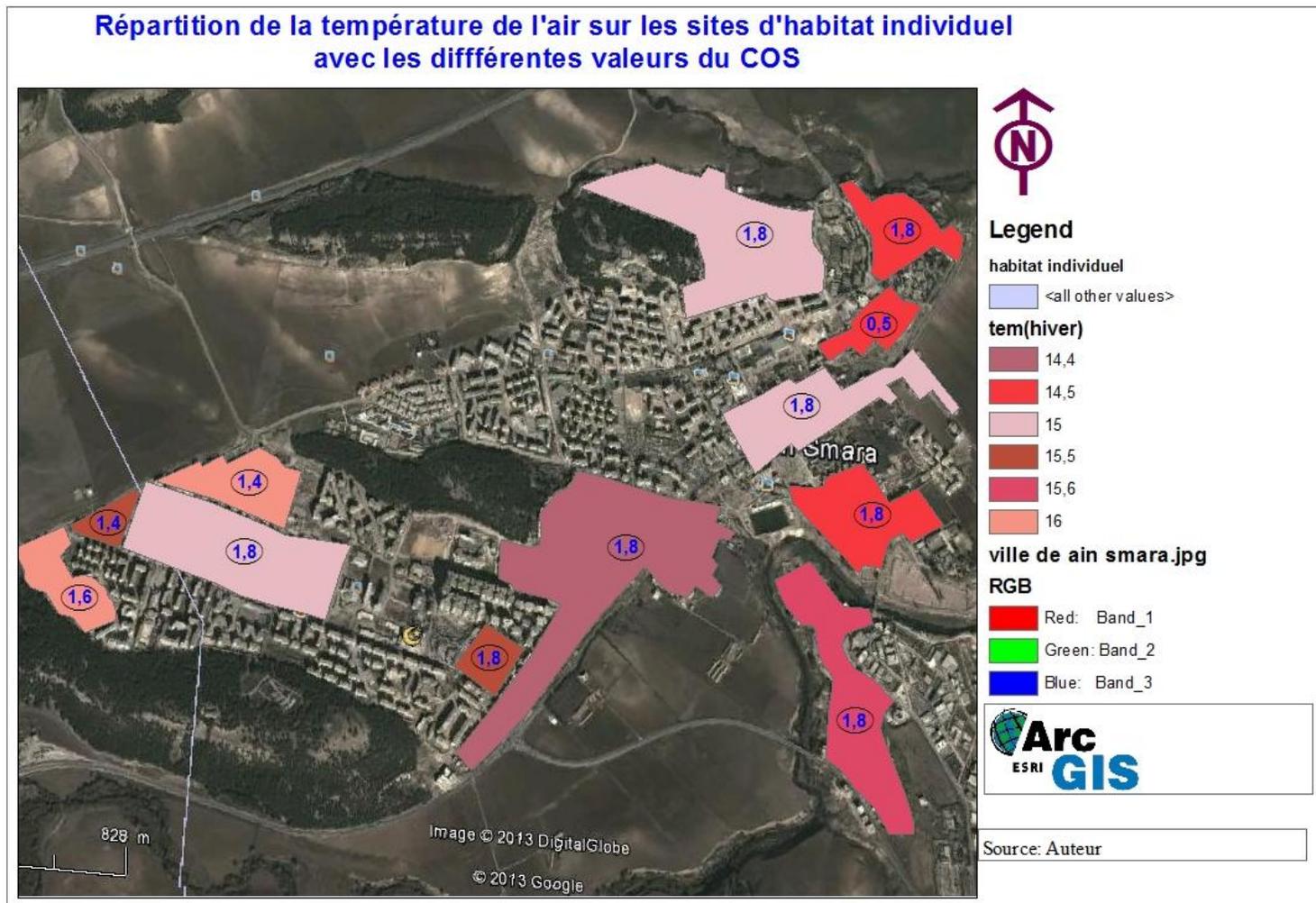
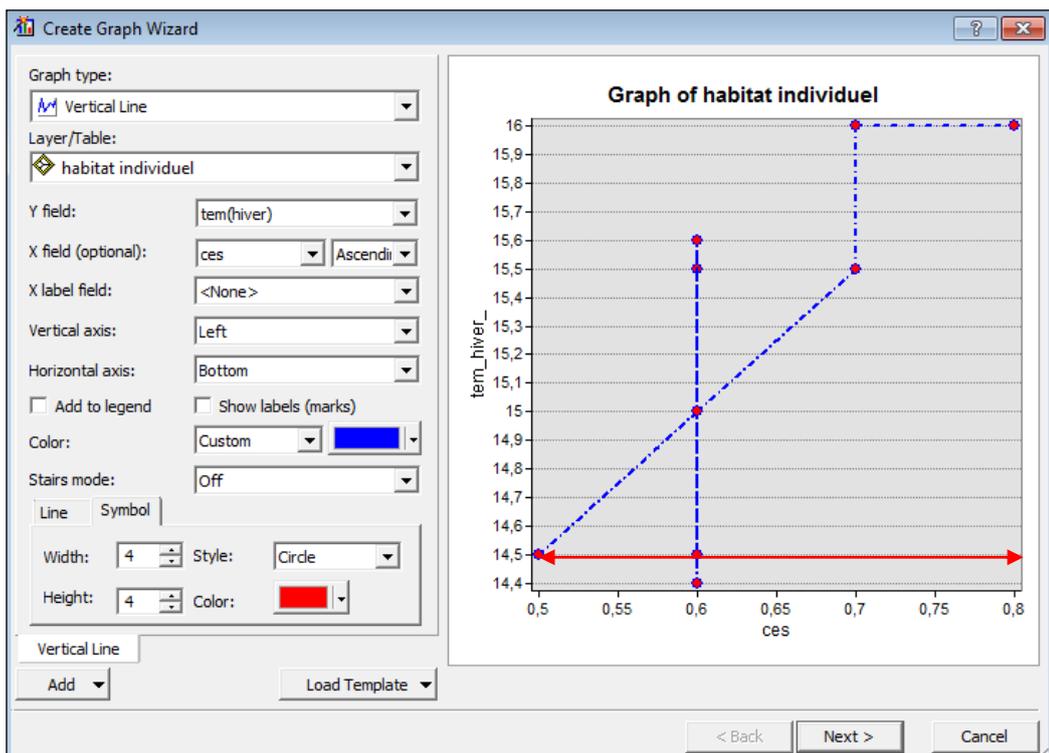
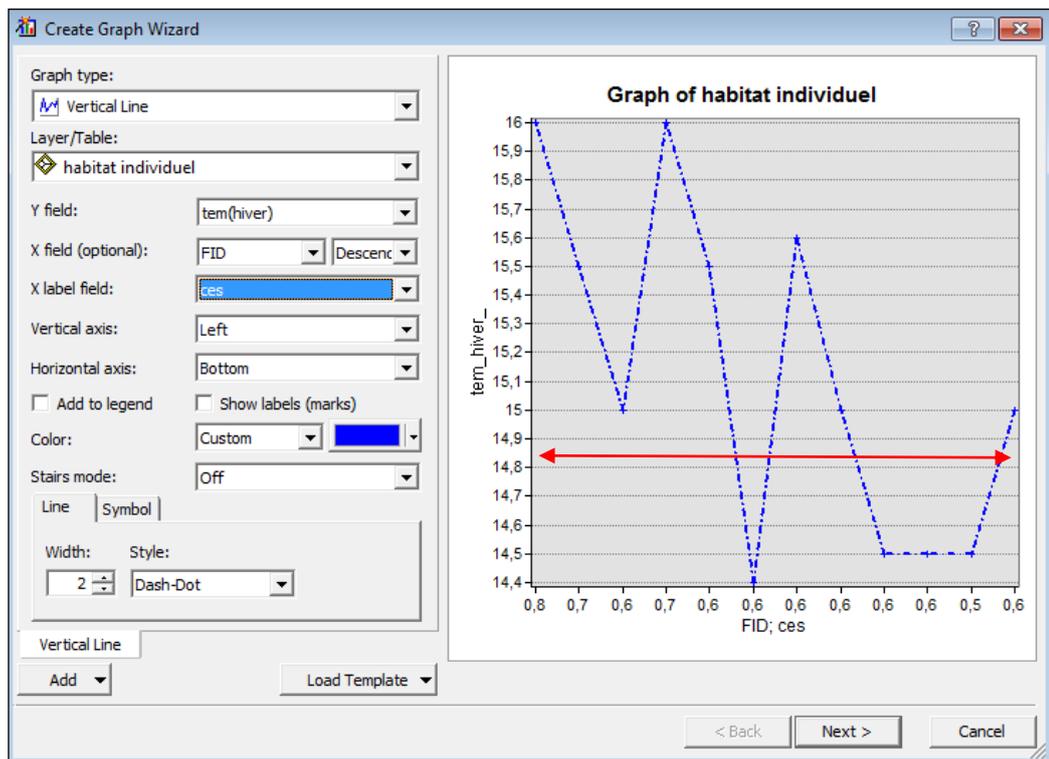
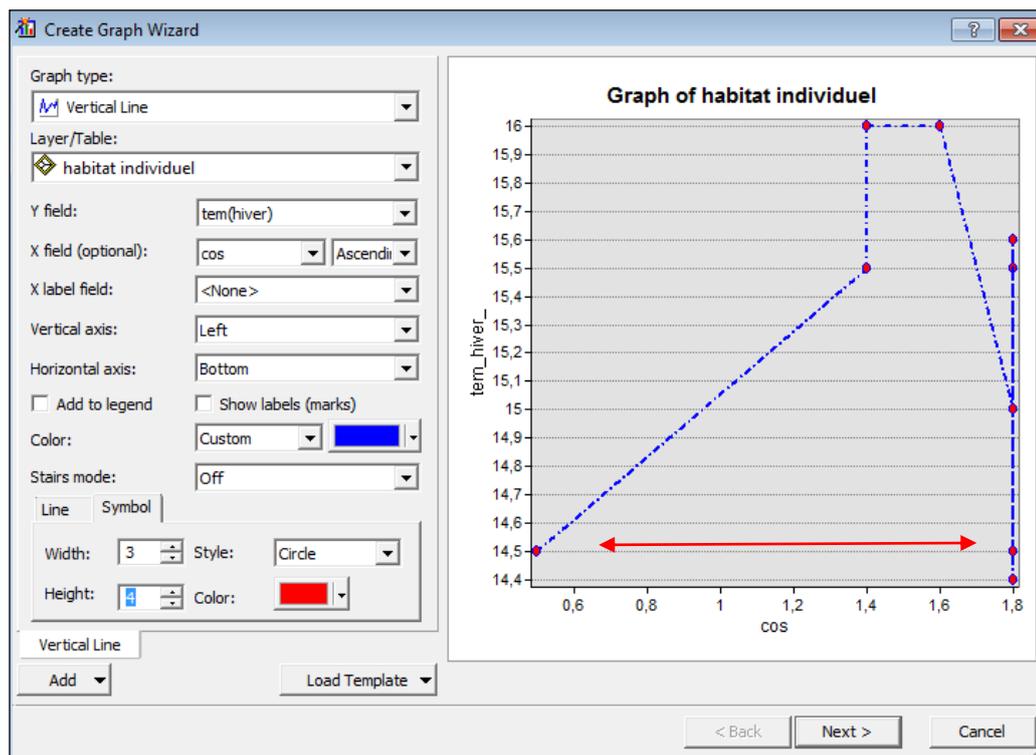
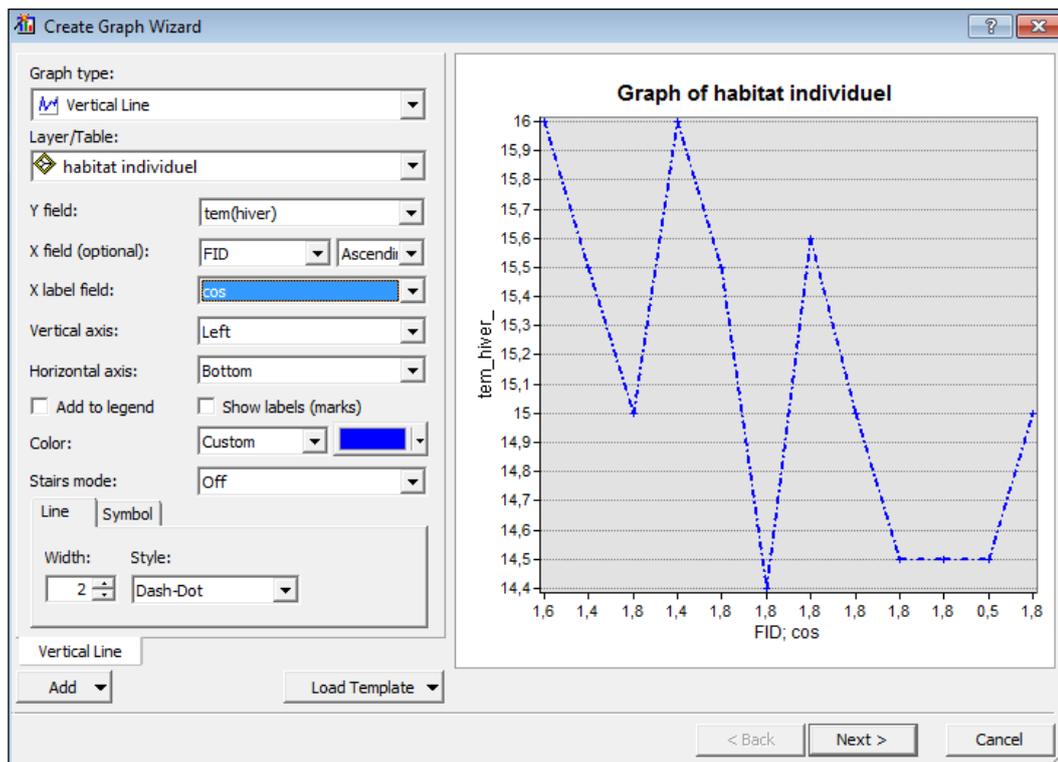


Figure n° 30: Variation de la température de l'air en hiver au niveau de l'habitat individuel en fonction du COS
Le 21/12/2014 à 12h00



**Figures n°31 et 32: Relation entre le CES et la température de l'air en hiver
Le 21/12/2014 à 12h00**



**Figure n°33 et 34: Relation entre le COS et la température de l'air en hiver
Le 21/12/2014 à 12h00**

5. 5. Interprétation et discussion des résultats

5.5.1. Impact du COS et du CES sur le microclimat:

5.5.1.1. Période d'été:

En période chaude, il a été constaté que la température de l'air au niveau des sites d'habitat individuel investigués varie entre 30,50°C (Station n°1) et 40°C (Station n°3), avec une humidité relative de l'air comprise entre 12,50% et 26,50% (Tableau n°01).

Toutefois, et selon les figures n°20, 23 et 24 il est constaté que les variations de la température enregistrées ne mentionne aucun rapport direct avec les valeurs du CES des différents sites. A cet effet, on peut déduire que l'emprise au sol bien qu'elle varie d'un site à un autre n'influe guère sur la température de l'air qui reste éventuellement soumise à d'autres paramètres. Ceci est remarqué également pour l'humidité relative de l'air. Dans ce contexte, une recherche importante de **Brahim Nouibat (2007)** consacrée au Ksour de Bou-saada, a pu conclure que L'habitat traditionnel exprime des COS très élevés avec un tissu urbain compact et dense dont les rues sont profondes, sinueuses et étroites ce qui crée des zones d'ombre et donc de confort estival. Cette étude a bien lié le COS à la largeur de la rue afin de justifier un microclimat spécifique.

D'un autre côté, ce qui est nettement apparent en ce qui concerne les résultats des mesures in situ couvrant huit stations situées au cœur des différents lotissements, est que la température de l'air diffère d'une station à une autre malgré que le CES demeure toujours le même à savoir 0,6. L'analyse des variations de la température de l'air en fonction du COS, a amené à un résultat pratiquement similaire où la relation directe du COS sur la température de l'air ainsi que sur l'humidité relative n'a pas été constaté. On a également enregistré des valeurs assez différentes de la température de l'air au niveau des lotissements malgré que le COS comme c'était le cas du CES est stable et de l'ordre de 1,8 (Figures n°22, 22, 25, 26).

En effet, ce résultat préliminaire nous incite à rechercher des indices plus quantifiables que le COS et le CES mais en rapport avec ceux-ci et à travers lesquels cette conclusion pourra être discutée. Ces indices sont certainement géométriques vu l'absence de toutes sources pouvant modifier les paramètres microclimatiques d'une station de mesure à une autre (telles que la végétation et l'eau). L'orientation de la rue a un impact considérable sur le microclimat certes (**Suhail Zakhour , 2015**), sauf que toutes les rues comportant des stations de mesure sont orientées Nord-Sud .



Figure n° 35: Répartition de la température de l'air en été (Le 21/06/2014 à 12h00) au niveau des 12 stations (Lotissements promotionnels, habitat évolutif, cité préfabriquée)

5.5.1.2. Période d'hiver:

En période froide, une nette et légère augmentation de la température de l'air en fonction du CES a été constatée au niveau des sites abritant la cité préfabriquée et l'habitat évolutif. Ceci dit que la température augmente avec l'augmentation du CES (Figures n°27, 28, 31 et 32), à savoir 14,5°C (Station n°10) a été enregistrée pour un CES égal à 0,5 et 15,5°C (Station n°1) pour un CES égal à 0,7 et enfin 16°C (Station n°0 et 3) pour un CES égal à 0,8. Toutefois, et au niveau des lotissements, les valeurs de la température sont toujours différentes d'une station à une autre dans l'absence de toute concordance (**Erik Johansson, 2005**).

Le résultat est le même en ce qui concerne l'impact du COS (Figures n°29, 30, 33 et 34). En conclusion, les résultats sus cités nous incitent à mettre en évidence d'autres hypothèses. Le COS seul et le CES seul ne peuvent influencer directement le microclimat urbain notamment la température de l'air.



Figure n° 36: Répartition de la température de l'air en hiver (Le 21/12/2014 à 12h00) au niveau des 12 stations (Lotissements promotionnels, habitat évolutif, cité préfabriquée)

Donc, il existe forcément d'autres paramètres à priori géométriques qui ont influencé les résultats des mesures in situ au niveau des différents lotissements. A ce stade, la réflexion s'est étalée et on a estimé à la fin qu'il est nécessaire de penser à l'éventuel effet de la hauteur des constructions. Ceci dit que le COS malgré qu'il est considéré comme indice de densité verticale, il est très différent de la hauteur réelle exprimée en mètres. A titre de précision, on peut rencontrer des cas de constructions ayant le même COS et le même CES mais avec des hauteurs différentes. **Vincent Fouchier (1997)** s'exprime d'une autre façon en précisant qu'il existe des formes urbaines différentes avec exactement les mêmes densités. Suite à quoi il a été procédé à un tri des groupements d'habitat individuel existants afin d'avoir des catégories classées selon la hauteur.

Ainsi, notre investigation sera scindée en deux parties. D'abord il y a lieu de procéder à l'analyse des résultats obtenus au niveau des lotissements d'habitat individuel "promotionnel" puis passer en deuxième phase aux cités "évolutifs" et la cité "préfabriquée" simultanément où le COS ainsi que le CES et bien évidemment les hauteurs sont différents (Figure n°37). Dans les deux cas, un nouveau paramètre géométrique sera donc évalué et analysé.

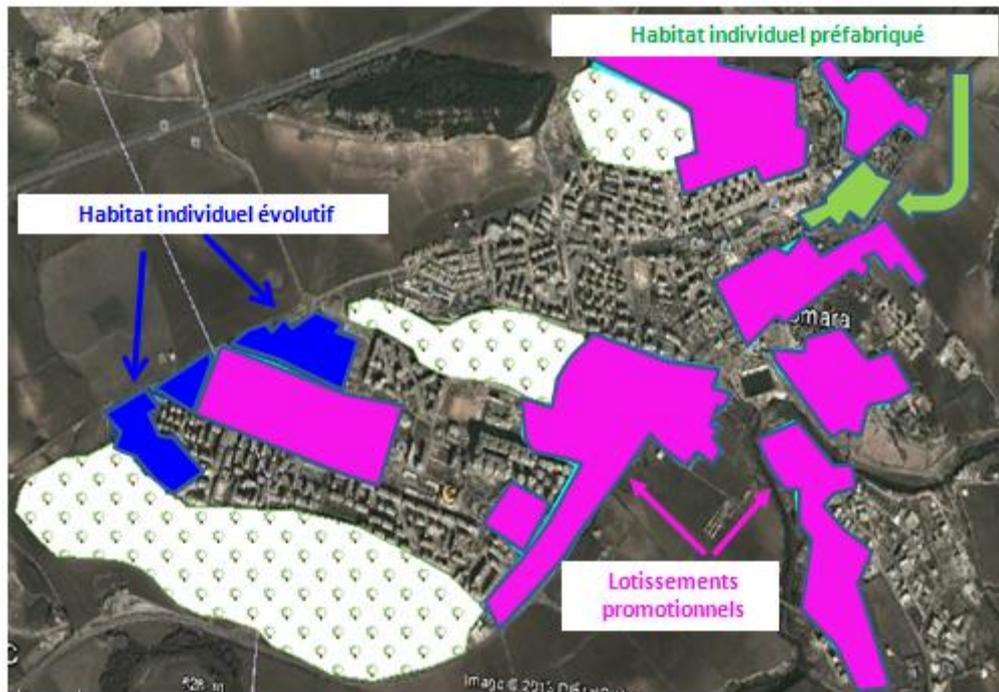


Figure n° 37: Situation des trois typologies d'habitat individuel prises en compte : l'habitat individuel *promotionnel*, *évolutif* et *préfabriqué*

Néanmoins, l'intérêt de la prise en compte de la hauteur des constructions (H) comme le montrent les recherches citées ci-dessous, ne peut être significative sans faire appel à une autre dimension géométrique qui est la largeur de la rue (L) qui fixe l'espacement entre les constructions. C'est ainsi qu'il a été déduit l'importance du rapport H/L appelé si souvent : *Le Prospect*.

Ce concept de prospect rappelons le à été abordé depuis très longtemps à travers de nombreux ouvrages traitant en général de l'influence directe du rapport hauteur/largeur de la rue sur l'éclairage et le réchauffement naturel de l'air et des édifices et par conséquent sur le confort thermique (Hans Rosenlund et al, 1997). T.R.Oke a démontré dans ce sens que des valeurs spécifiques de ce rapport peuvent permettre d'atteindre des objectifs de maîtrise des paramètres microclimatiques (Clément Champiat, 2008). Enfin, La réglementation des bâtiments commence à mettre en relation la question des hauteurs avec celle des densités bâties et du microclimat (AFD, 2015).

5.5.2. Evaluation de l'effet microclimatique du Prospect H/L au niveau de l'habitat individuel:

5.5.2.1. Aperçu sur les résultats des recherches similaires:

L'emprise au sol (traduite par le CES) et la hauteur des constructions (traduite par le COS) étant fixes, le prospect joue certainement un rôle important quant à l'accès du soleil influençant par conséquent le champ thermique de l'espace extérieur. Etant définie par le rapport H/L, où H est la hauteur moyenne des constructions de l'espace concerné et L est sa largeur, il est bien démontré que la température de l'air dans les centres urbains dépend fortement de ce rapport comme l'a conclu une des recherches de Shashua Bar en 2006 (Figure n°38) (T.R. Oke, 2010).

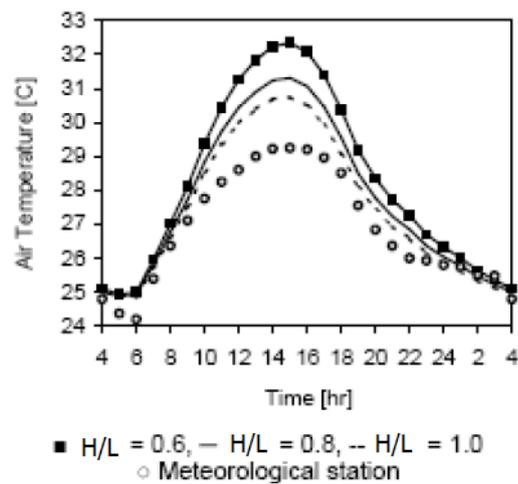


Figure n° 38: Relation entre le rapport H/L et la température de l'air
Source : Shashua Bar, 2006

Cet aspect géométrique et en rassemblant les paramètres géométriques : CES, COS et prospect est traduit par le degré d'ouverture au ciel à savoir le SVF déjà considéré comme un nouvel indice de densité (voir Chapitre n°I). Pour le calcul du SVF, la formule suivante a été exploitée (E. Tsianaka, 2006):

$$SVF = \cos \beta \dots(\text{Equ n}^\circ 1) \quad (\text{Karin Grundström, 2003})$$

Où l'angle β est représentée dans la figure n°39 ci dessous.

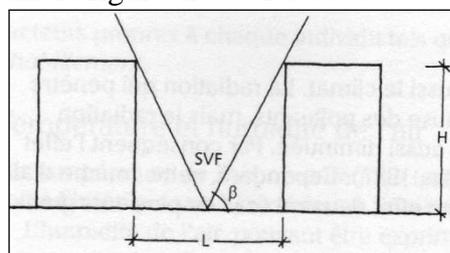


Figure n° 39 : Paramètres géométrique caractérisant une rues
Source : LPEE,2003

5.5.2.2. Corrélation entre le SVF, H/L et les variations thermiques des centres urbains:

Le climat urbain est fortement affecté par la géométrie urbaine à savoir le SVF. Ce dernier est directement et proportionnellement lié au prospect traduit par le rapport H/L (Suhail Zakhour , 2015). Dans ce même contexte, un projet de recherche et de coopération entre l'Université de Lund en Suède et le Laboratoire public d'essais et d'étude (LPEE) au Maroc a déduit dans l'une de ses conclusions que dans le domaine de la climatologie urbaine, et au lieu du rapport H/L, on utilise souvent le facteur d'ouverture au ciel (SVF) qui définit la section de la rue qui s'ouvre vers le ciel et qui est exprimée par l'équation indiquée ci-dessus. A cet effet, il a été prouvé que le prospect influe considérablement sur le microclimat urbain avec tous ses éléments entre autres l'ICU. Oke a conclu que la relation entre l'intensité de l'ICU et le SVF est dictée par l'équation suivante:

$$\Delta T_{max} = 15.27 - 13.88 \times SVF \dots\dots(\text{Equ n}^{\circ}2) \text{ (Oke T.R , 2010)}$$

Ainsi, le rapport H/L est devenu un indice très significatif pour le contrôle de l'intensité de l'ICU. D'autre part, des recherches diverses ont abordé la problématique liée à la relation entre le SVF, la température surfacique et la température de l'air au niveau des centres urbains. Parmi ces recherches on peut citer celle d'Alcofarado où il a démontré dans une étude sur les variations de la température de l'air au centre de la ville de Lisbonne caractérisé par une forte densité urbaine que l'intensité de l'ICU est arrivée à 4°C. Toutefois, en ce qui concerne la température de l'air diurne, il n'est pas arrivé à un résultat clair et argumenté (Chahrazed Kedissa, 2010). Dans ce même contexte, Stéphane Glockner dans sa recherche intitulée « contribution à la modélisation de la pollution atmosphérique dans les villes » effectuée en l'an 2000 a précisé que dans un climat semi aride, un canyon urbain ayant des façades à grand albédo peut éventuellement engendrer un phénomène d'inter réflexion entre les deux parois et par conséquent une surchauffe de l'air. Sauf que ce phénomène ne peut durer qu'une période très réduite de la journée (Glockner Stéphane, 2000) (Figure n°40).

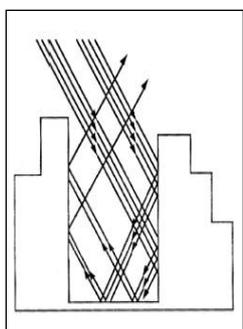


Figure n° 40 : Phénomène d'inter-réflexion
Source : Glockner, Stéphane, 2000

D'autres part, une analyse urbaine et environnementale a été élaborée par De Suza au Brésil, précisément au niveau de la ville de Bauru en exploitant le SIG (Figure n°54), et dont le résultats obtenu a été assez significatifs (De Suza, 2010):

- Plus le SVF est important et donc le H/L est réduit plus les températures jours diurnes de l'air et de surfaces sont élevées.

L'impact de la géométrie urbaine sur le microclimat a été également l'objet de la recherche élaborée par le LPEE en collaboration avec l'Université de Lund en 2003 en procédant à une investigation exhaustive sur deux quartiers différents ayant des géométries urbaines et également des densités différentes de la ville de Fès au Maroc (Figure n°41)

Dans ce cas d'étude, il a été conclu clairement que la température des villes dépend de la hauteur des bâtiments (H) et de la largeur des rues (L) et que plus le rapport H/L est élevé plus l'ICU est constaté (**Erik Johansson et al, 2002**).

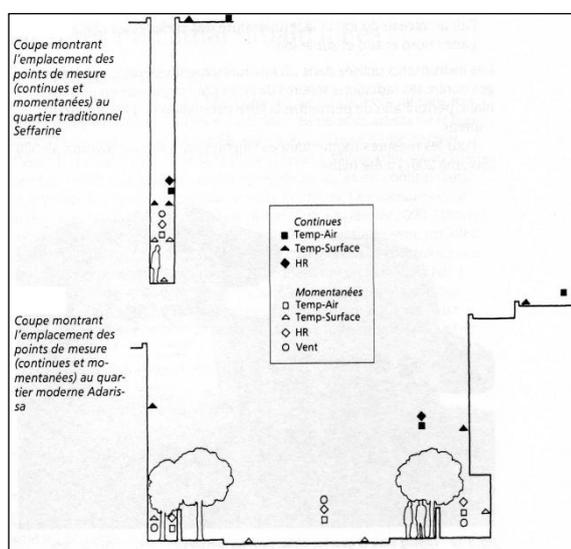


Figure n° 41 : Emplacement des points de mesure au niveau de deux quartiers : traditionnel et moderne
Source : LPEE, 2003

5.5.2.3. Effet du prospect sur le microclimat des lotissements promotionnels en été et en hiver:

En ce qui concerne notre premier cas d'étude qui concerne uniquement les lotissements promotionnels, et en procédant à une nouvelle autre investigation sur terrain, une prise de mesure des distances séparant les constructions ainsi que la hauteur des constructions en "mètre" a eu lieu en moyen d'un "Disto-mètre" (Figure n°10). Ainsi, a été sélectionnée la liste correspondante à ces lotissements au niveau de la base de données déjà introduite au SIG comprenant les paramètres géométriques et thermiques y afférents (Tableau n°2 et 3). Des prises de vue "Fish Eye" ont eu également lieu (Figure n°42) afin de pouvoir évaluer le mieux le degré d'ouverture au ciel des différentes stations ainsi que l'orientation des axes des rues.

FID	Shape *	Id	surface	Typologie	temp été	hum été	vent été	ces	cos	Nbre niveaux	tem hiver	hum hiver	vent hiver	Nbre étages
2	Polygon	0	164004	Lotissement	35,5	15	0,3	0,6	1,8	3	15	49,5	0,2	R+2
4	Polygon	0	26361	Lotissement	36,5	20,5	0,1	0,6	1,8	3	15,5	50,5	0,2	R+2
5	Polygon	0	275702	Lotissement	37,2	20,7	0,5	0,6	1,8	3	14,4	56,2	0,2	R+2
6	Polygon	0	132467	Lotissement	31	25,5	0,1	0,6	1,8	3	15,6	49,5	0,2	R+2
7	Polygon	0	181827	Lotissement	32	26,5	0	0,6	1,8	3	15	53	0,3	R+2
8	Polygon	0	58482	Lotissement	32,6	26,2	0,1	0,6	1,8	3	14,5	50,5	0,3	R+2
9	Polygon	0	87791	Lotissement	33,3	26,5	0	0,6	1,8	3	14,5	46,2	0	R+2
11	Polygon	0	104467	Lotissement	31,2	26	0	0,6	1,8	3	15	50,1	0,1	R+2

Record: 0 Show: All Selected Records (8 out of 12 Selected) Options

Tableau n°2 : Température de l'air en été et en hiver au niveaux des lotissements promotionnels Le 21/06/2014 et le 21/12/2014 à 12h00

Stations	N° selon Arc-Gis	L (m)	H (m)	H/L (-)	SV F (%)	T(été) (°C)	T(hiver) (°C)
1	2	12,7	11,5	0,90	48	35,5	15,0
2	4	11,2	12,0	1,07	42	36,5	15,5
3	5	10,5	11,5	1,09	41	37,2	14,4
4	6	10,1	11,5	1,13	40	31,0	15,6
5	7	10,5	11,5	1,09	41	32,0	15,0
6	8	10,0	11,5	1,15	39	32,6	14,5
7	9	10,1	11,5	1,13	40	33,3	14,5
8	11	10,2	11,5	1,12	40	31,2	15,0

Tableau n°3 : Récapitulatif des paramètres géométriques caractérisant les huit lotissements ayant les données communes suivantes : CES=0,6- COS=1,8-Niveaux=3-H=13,L'=15

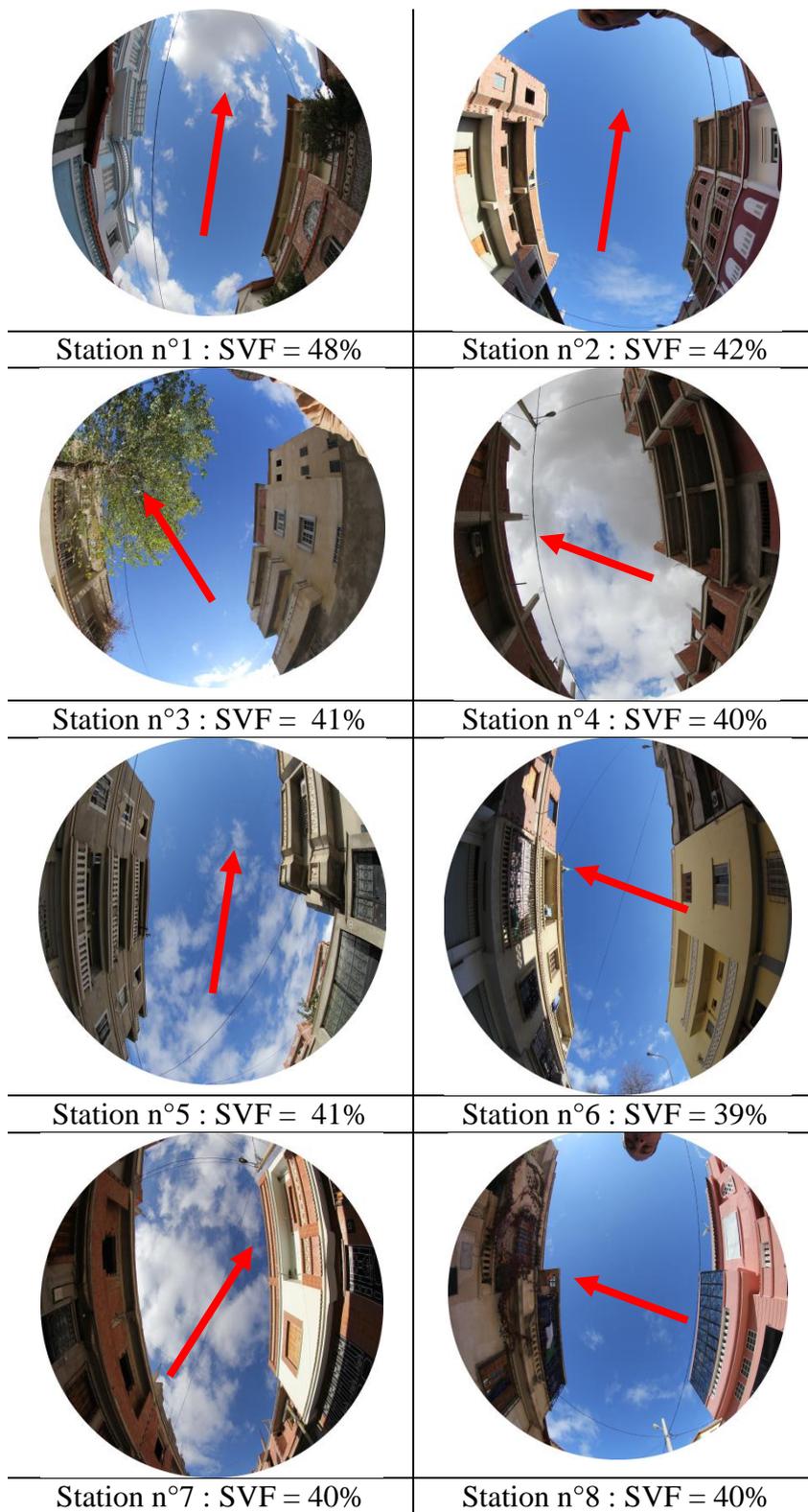


Figure n° 42: Photos Fish Eye au niveau des lotissements promotionnels

Les résultats obtenus ont été comme suit:

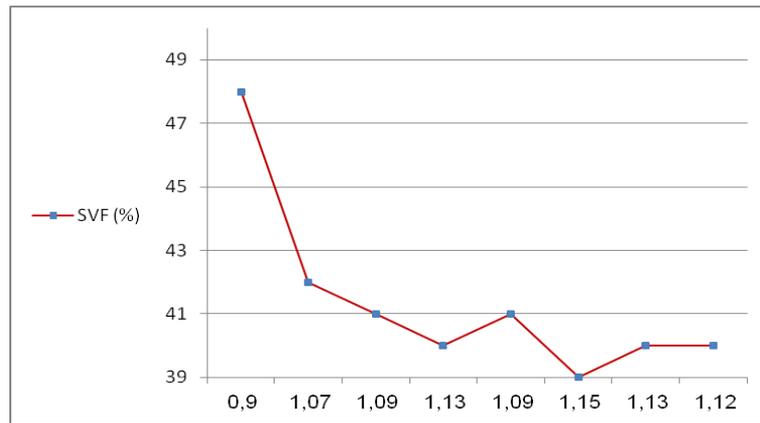


Figure n° 43: Variation du SVF au niveau des lotissements en fonction du rapport H/L

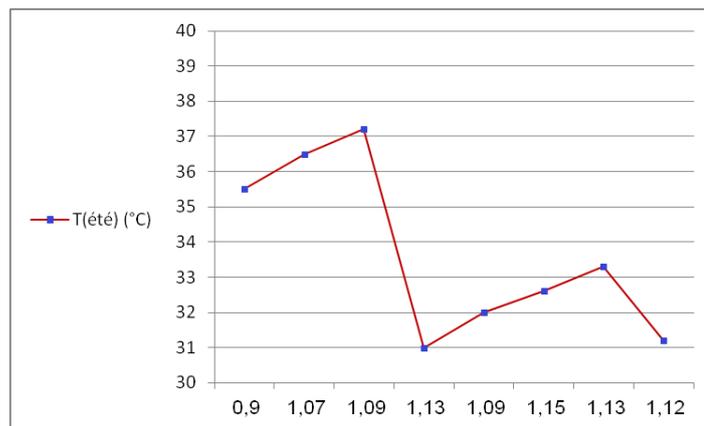


Figure n° 44: Variation de la température de l'air d'été (Le 21/06/2014) à 12h00 au niveau des lotissements en fonction du rapport H/L

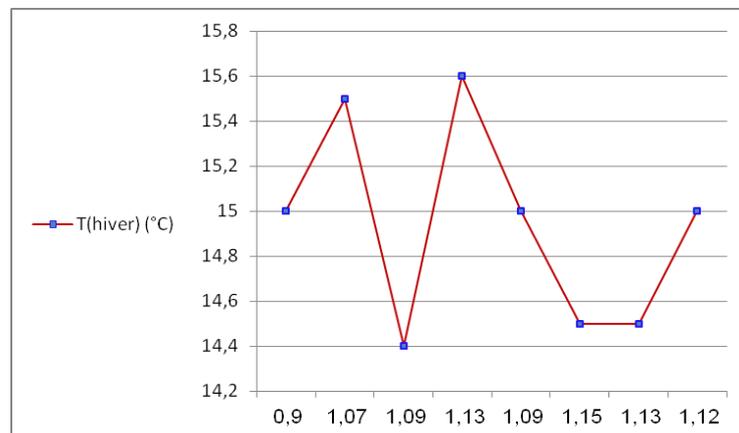


Figure n° 45: Variation de la température de l'air d'hiver (Le 21/12/2014) à 12h00 au niveau des lotissements en fonction du rapport H/L

5.5.2.4. Effet du prospect sur le microclimat des cités d'habitat évolutif et préfabriqué en été et en hiver:

De la même façon, on a procédé à l'introduction de nouveaux paramètres géométriques à la base de données. Il s'agit également de mesurer la hauteur des constructions, la largeur des rues (Tableau n°4) et le calcul du SVF (Figure n°46). Les paramètres microclimatiques pris en compte consistent en la température de l'air en été comme en hiver (Tableau n°5).

FID	Shape *	Id	surface	Typologie	temp été	hum été	vent été	ces	cos	Nbre niveaux	tem. hiver	hum hiver	vent hiver	Nbre étages
0	Polygon	0	50935	Evolutif	31,1	19,5	0	0,8	1,6	2	16	47,5	0,2	R+1
1	Polygon	0	18782	Evolutif	30,5	18,8	0,3	0,7	1,4	2	15,5	50	0,2	R+1
3	Polygon	0	61266	Evolutif	40	12,3	0	0,75	1,5	2	16	48,5	0,2	R+1
10	Polygon	0	33833	Préfabriqué	31,2	25,5	0,3	0,5	0,5	1	14,5	51,8	0,2	RDC

Record: 0 Show: All Selected Records (4 out of 12 Selected) Options

Tableau n°4 : Température de l'air en été et en hiver au niveaux des cités de l'habitat évolutif et préfabriqué

Stations	N°selon Arc-Gis	L (m)	H (m)	H/L (-)	SV F (%)	COS (-)	CES (-)	T (été) (°C)	T (hiver) (°C)
1	0	7,20	8	1,11	41	1,6	0,8	31,1	16
2	1	8,8	8	0,90	48	1,4	0,7	30,5	15,5
3	3	6,7	8	1,19	38	1,5	0,75	40	16
4	10	1,2	4	3,33	15	0,5	0,5	31,2	14,5

Tableau n°5 : Récapitulatif des paramètres géométriques caractérisant les cités d'habitat individuel évolutif et préfabriqué avec la distance L=10

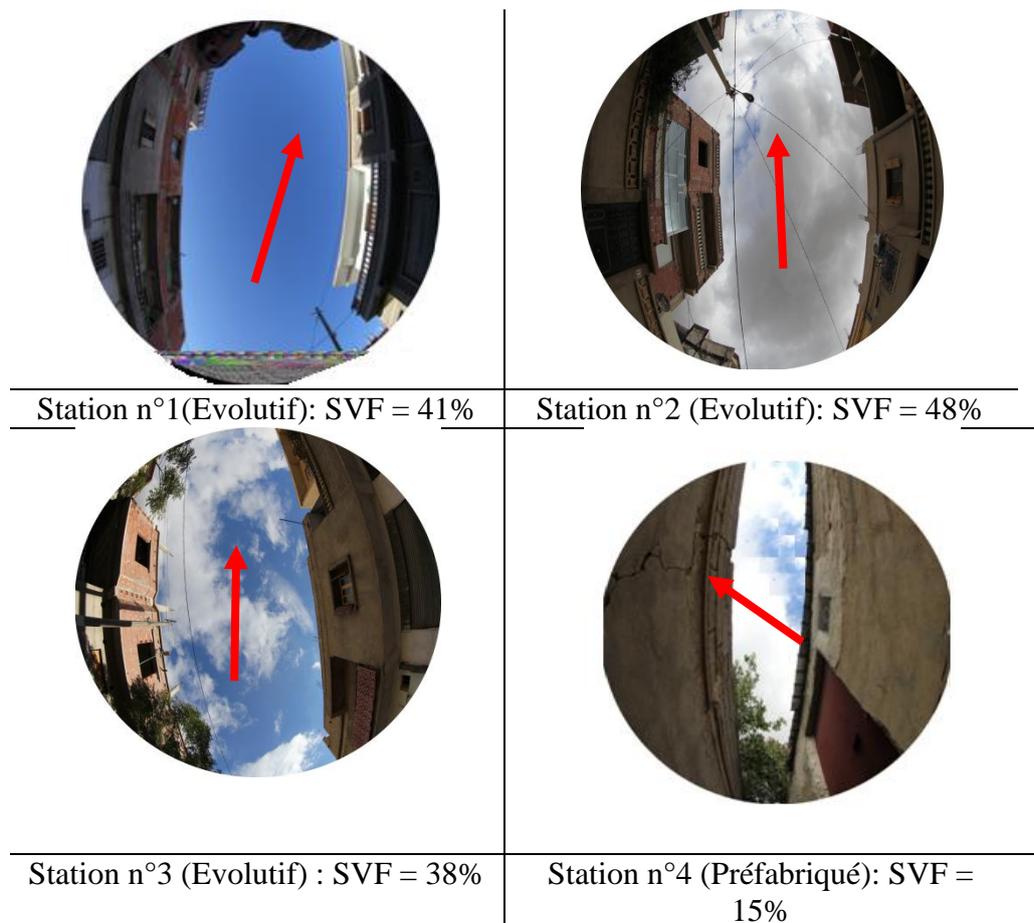


Figure n° 46: Photos Fish Eye au niveau de l'habitat individuel évolutif (Stations n° 1,2 et 3) & préfabriqué (Station n°4)

Les résultats obtenus ont été comme suit:

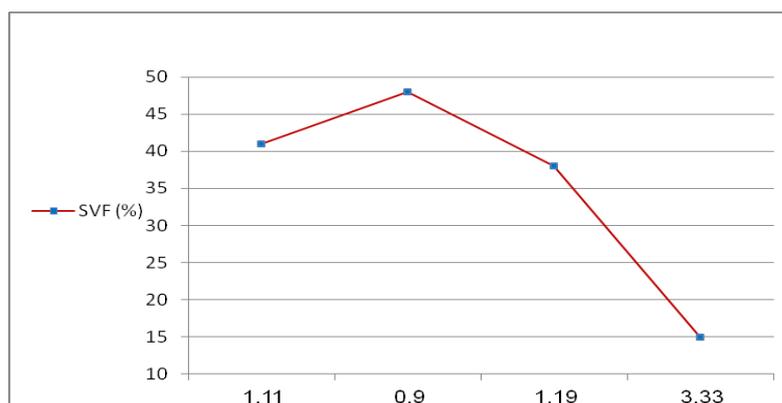


Figure n° 47: Variation du SVF au niveau d'habitat individuel évolutif et préfabriqué en fonction du rapport H/L

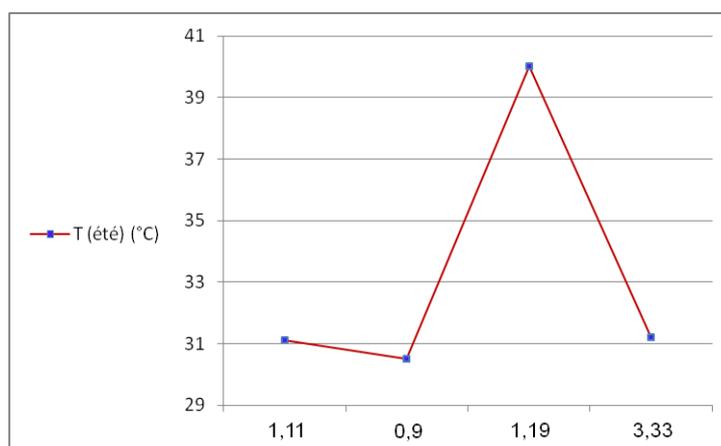


Figure n° 48: Variation de la température de l'air d'été (le 21/06/2014 à 12h00) au niveau de l'habitat évolutif et préfabriqué en fonction du rapport H/L

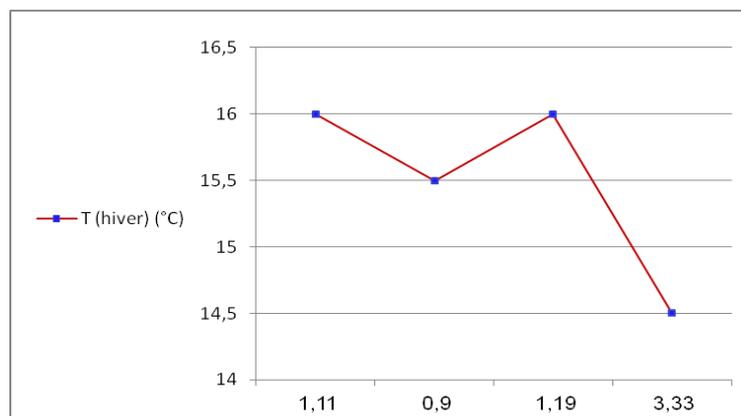


Figure n° 49: Variation de la température de l'air d'hiver (le 21/12/2014 à 12h00) au niveau de l'habitat évolutif et préfabriqué en fonction du rapport H/L

5.6. Interprétation et discussion des résultats:

En fonction des différents graphes relatifs aux deux périodes (été et hiver), il a été conclu ce qui suit:

Comme il était attendu, et conformément aux différentes études élaborées à l'échelle universelle, le premier résultat aussi bien logique que prévisible est que le SVF et le rapport

H/L sont inversement proportionnés. A chaque fois que ce rapport augmente, le SVF diminue et vis versa (Figures n°43 et 47). Ceci est valable pour toutes les stations sans exception. L'ouverture au ciel étant déterminante pour la perméabilité des espaces urbains aux paramètres microclimatiques fait que la réglementation des prospectes de rues est l'une des dispositions qui garantit le mieux une amélioration des apports d'air, de soleil et de lumière naturelle aux espaces urbains et aux habitations (**Mohamed Benzerzour, 2004**).

Toutefois, et ce qui est plus ou moins surprenant est que la température de l'air caractérisant le principal élément constituant le microclimat urbain est en concordance avec le rapport H/L. l'ambiance thermique augmente donc avec l'augmentation de ce rapport et ceci pour la majorité des stations. Néanmoins, il est constaté que ce diagnostic ne s'applique pas au niveau des stations n°3, 4, 6 et 8 pour les lotissements promotionnels (Figure n°44 et 45) ainsi que dans la station n°4 pour la cité préfabriquée (Figure n°48 et 49) où la température diminue en été et en hiver malgré que le rapport H/L augmente. Ce phénomène est certainement dû à l'exposition de l'axe de la rue au niveau de ces endroits aux vents dominants NE d'été et d'hiver. A cet effet, il est conclu que l'impact du prospect est très important sur la température de l'air et par conséquent sur l'humidité relative de celui-ci. Ceci dit que la densification en hauteur des constructions pour le climat de la ville de Ain Smara n'a pas un effet de rafraîchissement de l'espace extérieur en été et l'adoucissement de l'ambiance extérieure en hiver tel qu'a été conclu lors d'une recherche effectuée sur l'impact de la géométrie des rues sur le microclimat au niveau des canyons urbains du Coudiat (le Coudiat : quartier situé au centre ville de Constantine) en 2004 (**F. Bourbia et F. Boucheriba, 2010**), mais l'impact dans notre cas est plutôt inversé comme le montre le tableau ci-dessous:

H/W (-)	SVF (-)	COS (-)	T été (°C)	T hiver (°C)
↗	↘	↗	↗	↗

Suite à quoi, plusieurs hypothèses trouvent dans ce cas de nouveaux axes de recherche, et d'autres questionnements s'imposent. La réponse à cette interrogation peut s'appuyer sur le fait que le quartier du Coudiat est situé sur un plateau ouvert et surélevé par rapport à son environnement, alors que l'ensemble de la ville d'Ain Smara est entourée de chaînes montagneuses qui ont tendance à limiter le mouvement de l'air. Dans ce même contexte, il est remarqué que la ville est caractérisée également par une topographie assez variée où les sommets sont occupés par des forêts urbaines tandis que l'urbanisation a occupé

les creux plats ce qui contribue inévitablement à la création de microclimats spécifiques. Cette déduction est aussi inverse à celle affirmée par **Mohammed Wasim Yahia (2012)** qui a insisté à travers sa recherche menée sur la ville de Damas sur le fait que le tissu urbain de la vieille ville avec un rapport H/L moyen égal à 2,98 offre plus de fraîcheur en été par rapport au tissu moderne où ce rapport ne dépasse pas 0,83.

5.6.1. Le SVF comme nouvel indicateur morpho-climatique et de densité en rapport avec le COS et le CES:

Etant déjà considéré comme indicateur morpho-climatique de densité urbaine (Voir chapitre n° I), le facteur de visibilité du ciel (SVF) est un paramètre clé pour toute évaluation du microclimat urbain notamment la température de l'air et de surfaces (**Suhail Zakhour, 2015**). L'intérêt donné à ce paramètre géométrique pour la définition d'un indicateur morpho-climatique s'est inspiré d'abord à sa forte corrélation avec le rapport H/L. Ce dernier tant qu'il est dépendant de la hauteur des constructions se trouve inévitablement lié au coefficient d'occupation du sol (COS) qui est d'un côté un descripteur de la dimension verticale du bâti, et un indicateur de densité urbaine dicté par le règlement d'urbanisme en vigueur et fortement lié au coefficient d'emprise au sol (CES) d'un autre côté.

Toutefois, la possibilité de lier tous ces paramètres afin de prouver le rôle morpho-climatique du SVF demeure assez délicate et complexe au niveau d'une grande échelle telle que celle de la ville d'Ain Smara. Les valeurs du COS et du CES rappelés le sont à ce niveau de recherche à caractère « moyen » voire "Brut". Pour cela, toute approche dans ce sens nécessite plus d'exactitude et de précisions. Le SVF est une géométrie ponctuelle qui dépend des valeurs réelles des deux dimensions : H et L. C'est ainsi qu'une hiérarchisation d'échelles devra avoir lieu. Pour cela, et en suivant une réflexion méthodologique logique, il est indispensable de passer à une échelle plus détaillée qui est celle d'un groupement d'habitat individuel. Ceci, fera l'objet du chapitre suivant. A noter que l'intention est de vouloir mettre en place un rapport directe entre le COS, le CES, le rapport H/L et le SVF.

Conclusion:

La géométrie urbaine influe considérablement sur le microclimat urbain notamment sur la température de l'air ainsi que sur l'ensemble des bilans thermiques et radiatifs. Toutefois, cette géométrie s'est spécifiée dans le cadre de notre recherche. Parler d'une géométrie urbaine, d'une forme urbaine voire même de certains éléments de la morphologie urbaine se trouve hélas traduit par deux indicateurs qui englobent l'ensemble de ces concepts. Ils sont mis en valeur déjà par une réglementation urbaine appliquée jusqu'à ce jour qui les considère comme "indicateurs de densité". S'agissant du CES et du COS, il était question de chercher à travers ce chapitre l'effet qu'ils peuvent créer sur le microclimat urbain.

Le choix du cas d'étude était basé sur le fait que la Ville d'Ain Smara n'a jamais été l'objet d'une recherche pareille. Elle est également considérée comme ville pilote assez importante et considérée comme faisant parties des villes les plus structurées de la wilaya de Constantine. C'est pourquoi, une telle recherche pourra éventuellement consolider le statut de cette ville en lui offrant de nouvelles solutions à des interrogations liées notamment à la réglementation urbaine en vigueur.

La recherche a été scindée en plusieurs phases. Tout d'abord, on a procédé à la recherche d'éventuelle relation pouvant exister entre le COS et le CES au niveau des différents tissus urbains comportant l'habitat individuel réparti à travers la ville. On a déduit que d'une part il n'existe aucun lien géométrique ni empirique liant directement le COS au CES. C'est-à-dire que la concordance entre les deux dans les sens croissant et décroissant est absente. D'autre part on n'a trouvé aucune relation claire entre le COS, le CES et les variations microclimatiques comportant : la température, l'humidité relative et la vitesse du vent. Ceci dit que la variété de microclimats constatée à travers ces tissus ne suit pas celle des deux indicateurs. Suite à quoi, on est parti à la recherche d'autres hypothèses et donc d'autres paramètres qui ont fait varier le microclimat tout en essayant de lier ces derniers au COS et au CES.

Ainsi, un nouveau paramètre est rentré dans l'équation qui est l'espacement entre les constructions qui est dans notre cas la largeur des rues. Toutefois, ce facteur ne peut être dissocié de la hauteur des constructions, et c'est ainsi, qu'on a commencé à mesurer et à évaluer le rapport H/L au niveau des stations en question ce qui rend inutile la recherche de relation entre le COS et le CES. Cependant, il est conclu que l'impact du COS sur le microclimat extérieur est plus significatif que celui du CES.

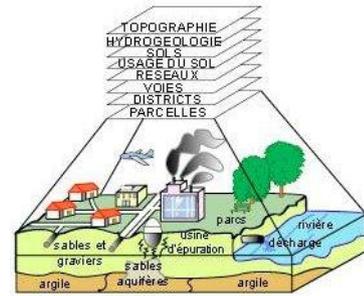
A noter que si le rapport H/L est en mesure d'être traité et évalué au niveau de la réglementation urbaine Algérienne en vigueur, en terme de concepts, il est traduit dans certains cas de recherches dans le domaine de la climatologie urbaine par le SVF notamment lors de l'exploitation des programmes de simulation et des différents diagrammes. Pour cela, on a prouvé lors de ce chapitre la proportionnalité qui existe entre ces deux facteurs géométriques.

Pour un climat semi aride, on avait tendance habituellement à densifier les tissus urbains afin de rafraîchir l'espace extérieur en créant de l'ombre. Cette densification est censée être en hauteur dans le but de rétrécir les rues et les artères et limiter par conséquent la pénétration du soleil en été. En hiver il suffit d'orienter ces axes et voies à l'abri des vents froids. Toutefois, Ce constat n'a pas été prouvé lors de notre recherche élaborée à la ville d'Ain Smara ayant un climat semi aride selon les calculs effectués sur la base des données météorologiques.

L'impact du rapport H/L sur l'ambiance thermique extérieure est certes important, toutefois, il est constaté que lorsque ce rapport augmente la température aussi augmente en été et vis versa et ceci en été ainsi qu'en hiver. Ainsi l'effet canyon dans ce cas joue le rôle de piège de chaleur. A noter qu'il était question de refaire les mesures en exploitant des outils différents afin de s'assurer de ce résultat certainement inattendu. En tout cas, ce qui a marqué cette investigation, c'est le fait de l'avoir effectuer aux solstices d'été et d'hiver d'une part et d'autres part, à chaque fois que les résultats obtenus semblent ne pas être clairs ou dans l'absence même de résultats signifiants, on avait directement recours à de nouvelles pistes de recherche.

D'autre part, et puisque le COS et le CES sont le principal axe de notre recherche, il est également important de chercher le rapport qui pourra les lier au prospect H/L afin d'aboutir à une meilleure ambiance thermique extérieure. A cet effet, on a estimé que le recours à un deuxième cas d'étude plus détaillé s'impose.

« Rappelons que le modèle de données, sur lequel se fonde toute base de données, représente l'organisation, la description et la manipulation de la base »..... Dimitri Sanga



CHAPITRE V

*Densité urbaine à l'échelle d'un
groupement d'habitat individuel ;
Recherche d'un indicateur morpho-
climatique de densité*

Introduction:

Aborder une problématique liée à la densité urbaine, nous incite selon notre problématique de départ (comme il a été déjà précisé lors des chapitres précédents) à la traiter en deux dimensions. Une dimension horizontale exprimée par l'indicateur y afférent qui est le CES, et une autre dimension dite verticale et qui ne peut être évaluée qu'à travers cet indicateur adéquat qui est le COS qui donne à son tour une certaine lecture sur la troisième dimension des constructions. Ceci rappelle le est dicté par la réglementation urbaine Algérienne en vigueur.

Ainsi, et dans l'objectif de rapprocher la maîtrise et la compréhension de ces deux indicateurs au niveau d'un cas d'étude réel, on leur a introduit une spécification qui consiste en le CES (net) et le COS (net). De ce fait, il ne sera pris en considération que la surface des parcelles de terrain destinées à la construction en éliminant celle des espaces extérieurs tels que les voies et d'éventuelles assiettes réservées aux espaces verts, aires de stationnement, équipements publics ...etc. Ceci dit que si le COS et le CES, tel qu'ils ont été abordés au niveau du chapitre précédent reflétaient la densité moyenne des différents sites d'habitat individuel, l'idée de ce présent chapitre est donc de s'accentuer sur une échelle assez détaillée qui est celle du lot de terrain lui-même.

De ce fait, et au niveau de l'un des différents groupements d'habitat individuel précédemment étudiés, a eu lieu une investigation élaborée sur terrain et qui a concerné l'analyse d'abord de l'aspect morphologique et géométrique en exploitant le système d'information géographique (SIG), puis le microclimat urbain en procédant à une campagne de mesure in situ des différents paramètres microclimatiques et enfin, ont eu lieu plusieurs parties de simulation numérique à l'aide des modèles "Envi-met4", et "Rayman". Cette étape de la recherche est scindée en deux parties. En premier lieu une approche générale sera abordée sur l'ensemble d'un lotissement individuel promotionnel désigné en tant que Cas d'étude n°2 choisi sur la base de plusieurs facteurs qui seront exposés ultérieurement. L'objectif principal de la prise en compte de cette échelle d'investigation est d'évaluer d'abord le microclimat existant en préservant les mêmes indicateurs de densité, puis de procéder à une réévaluation de la variation de ce microclimat en fonction des modifications du CES (net) dans les deux sens croissant et décroissant. Une deuxième partie consiste en le passage à l'échelle d'un seul lot de terrain considéré comme Cas d'étude n°3 en prenant en compte son environnement immédiat. L'objectif est d'arriver réellement à évaluer et à mettre en exergue

la notion de CES (net) et de COS (net) vu que c'est l'échelle la plus réduite du milieu urbain ou l'estimation des surfaces bâties et non bâties se fait à un mètre carré près.

La notion de CES(net) et du COS(net) est basée sur le fait que la hauteur des constructions ainsi que la largeur des rues entourant le lot en question sont mesurés avec une extrême exactitude ce qui engendre un rapport H/L également assez précis voire "net". De ce fait, et vu l'objectif tracé au chapitre précédent et qui consiste à rechercher et prouver un rapport direct entre ce prospect et les deux indicateurs (CES et COS), il est à déduire que ces deux derniers reflètent également cette exactitude et deviennent ainsi "NET (s)"

Le processus d'évaluation de l'effet réel des deux indicateurs de densité dans cette partie de la recherche, se fera d'abord par un travail de terrain dont la finalité est de définir les différents paramètres microclimatiques existant autour du lot en question, ensuite, viendra la phase de la simulation numérique en exploitant des modèles adéquats.

La spécificité de la recherche nous a incité à intervenir sur un site abritant un lotissement d'habitat individuel promotionnel situé à la ville d'Ain Smara. L'objectif est de rechercher d'abord le degré de respect de l'application des deux indicateurs de densité CES et COS sur terrain et évaluer ensuite leurs rapport avec le microclimat urbain déjà existant au niveau de ce lotissement, puis, d'arriver à un outil de maîtrise et de contrôle du CES et du COS en mettant en place un nouvel indicateur dit "Morpho-climatique" lié à la densité urbaine.

Néanmoins, une nouvelle notion de vérification de l'effet des deux indicateurs a été intégré au niveau du présent chapitre, il s'agit de celle relative au "Confort thermique extérieur". Ce confort sera évalué sur la base de la température moyenne radiante (Tmrt) qui est considérée comme l'un des indices de confort thermique des espaces extérieurs les plus significants (**Qun Dai et al, 2013**). Le traitement de la question du confort vient s'ajouter à l'exactitude ciblée à travers ce chapitre. C'est une manière de rappeler la finalité de notre réflexion qui reste toujours le bien être de l'usager.

I. CAS D'ETUDE N°2: Lotissement d'habitat individuel promotionnel

1. Présentation du cas d'étude et caractéristiques d'occupation du sol:

Le cas d'étude objet de cette recherche consiste en un lotissement d'habitat individuel promotionnel situé au côté Ouest de la ville d'Ain Smara (Figures n°1 et 2). A noter que le caractère promotionnel de ce lotissement a permis la projection de lots de surfaces très importantes ce qui s'est reflété sur les surfaces des emprises bâties. Ces dernières malgré qu'elle semble réduites (moins de 50% de CES), restent en réalité importantes (Voir plus de détails ci après).



Figure n°1 : Situation du lotissement individuel objet de l'étude
Source : auteur d'après "www.googleearth.com"



Figure n°2 : Vue en plan du lotissement étudié

2. Justification du choix du cas d'étude n°2:

Le lotissement objet de cette partie de la recherche est considéré comme l'un des plus structurés de la ville d'Ain Smara. Implanté sur un terrain légèrement accidenté, il est caractérisé également par des droits à construire non standardisés et qui diffèrent d'un lot à un autre. Ceci dit que même si toutes les constructions sont bâties en trois niveaux (RDC+2), il est constaté que le COS et le CES ne sont pas identiques aux seins des 36 lots de terrain que comporte le lotissement. Cette caractéristique nous permettra de mieux évaluer l'effet de ceux-ci sur les différents paramètres microclimatiques. D'autre part, cette approche plus détaillée qui s'accroît sur un lotissement donné en partant de son plan de masse jusqu'à arriver à l'échelle de la parcelle (Voir la deuxième partie du chapitre) nous donnera la possibilité de traiter les deux indices de densité sus cités dans leur caractère net. C'est alors à ce stade que la notion du COS (net) et du CES (net) devra être abordée afin d'une investigation assez détaillée et plus précise.

Le choix de cette entité urbaine en tant que cas d'étude détaillé est basé également sur le fait qu'il est conçu sur la base d'unités d'habitations à plan architectural type, et avec une surface bâtie identique pour toutes les parcelles et également avec une hauteur moyenne des constructions qui varie d'une façon négligeable et donc pratiquement fixe. L'intérêt de ces paramètres est le fait qu'ils offrent la possibilité de se concentrer uniquement sur les deux indicateurs de densité : « CES » et « COS ».



Figure n°3 : Prise de vues de plusieurs endroits du lotissement

3. Analyse morphologique et morpho-climatique du lotissement

3.1. Analyse morphologique du lotissement en exploitant l’Arc-gis9 :

3.1.1. Description générale :

Constitué de 36 unités d'habitation (Figures n°4 et 5). Ce lotissement est Conçu sur la base d'une trame viaire régulière, ces habitations sont élevées à deux niveaux sur rez-de-chaussée avec un COS moyen = 1.35 et un CES moyen = 0.45, la surface foncière moyenne des lots est estimée à 480m². La base de données relative au lotissement (tableau n°1) conçue par le biais de l’Arc-Gis montre qu’une grande diversité est constaté quant aux deux indicateurs de densité le COS et le CES (Tableau n°1).

3.1.2. Base de données relative au lotissement:

FID	Shape *	Id	N°	Surface	Surf bâtie	CES	COS
0	Polygon	0	29	506	218	0,43	1,29
1	Polygon	0	30	506	218	0,43	1,29
2	Polygon	0	25	462	218	0,47	1,42
3	Polygon	0	26	462	218	0,47	1,42
4	Polygon	0	31	506	218	0,43	1,29
5	Polygon	0	32	506	218	0,43	1,29
6	Polygon	0	27	462	218	0,47	1,42
7	Polygon	0	28	462	218	0,47	1,42
8	Polygon	0	35	508	218	0,43	1,29
9	Polygon	0	36	506	218	0,43	1,29
10	Polygon	0	33	462	218	0,47	1,42
11	Polygon	0	34	462	218	0,47	1,42
12	Polygon	0	23	502	218	0,43	1,3
13	Polygon	0	24	502	218	0,43	1,3
14	Polygon	0	22	462	218	0,47	1,42
15	Polygon	0	21	462	218	0,47	1,42
16	Polygon	0	5	501	218	0,43	1,3
17	Polygon	0	6	501	218	0,43	1,3
18	Polygon	0	7	462	218	0,47	1,42
19	Polygon	0	8	462	218	0,47	1,42
20	Polygon	0	13	501	218	0,44	1,31
21	Polygon	0	14	501	218	0,44	1,31
22	Polygon	0	15	462	218	0,47	1,42
23	Polygon	0	16	462	218	0,47	1,42
24	Polygon	0	1	462	218	0,47	1,42
25	Polygon	0	2	462	218	0,47	1,42
26	Polygon	0	9	462	218	0,47	1,42
27	Polygon	0	10	462	218	0,47	1,41
28	Polygon	0	11	521	218	0,42	1,26
29	Polygon	0	12	567	218	0,38	1,15
30	Polygon	0	17	462	218	0,47	1,42
31	Polygon	0	18	462	218	0,47	1,42
32	Polygon	0	20	640	218	0,34	1,02
33	Polygon	0	19	603	218	0,36	1,09
34	Polygon	0	3	439	218	0,5	1,49
35	Polygon	0	4	484	218	0,45	1,35

Tableau n°1: Base de données relative aux 36 lots du lotissement telle que définie dans le SIG

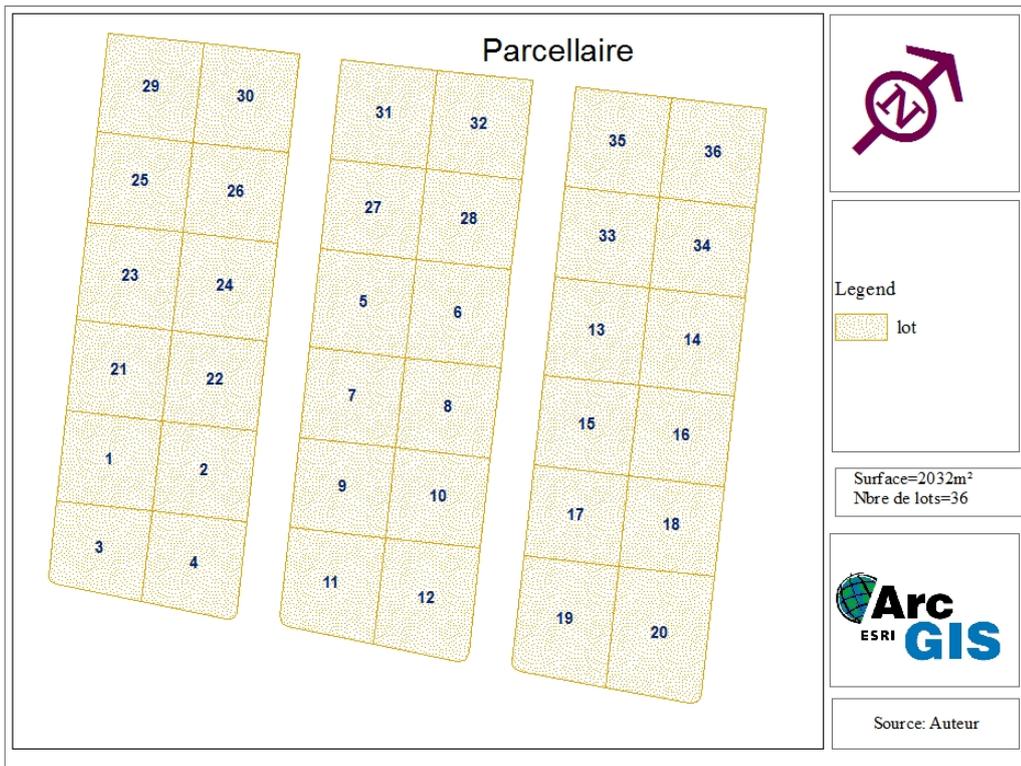


Figure n°4 : Plan parcellaire du lotissement

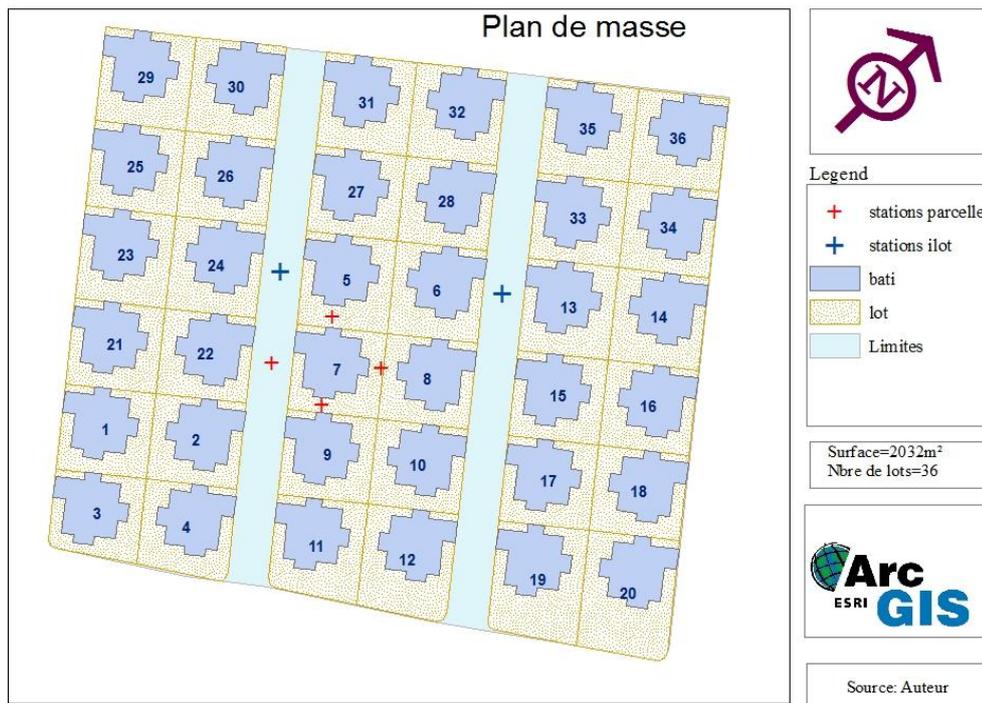


Figure n°5: Plan de masse du lotissement

3.1.3. Analyse thématique :

3.1.3.1. Surface foncière des lots:

La surface foncière de l'ensemble des lots dépasse 400m². Deux lots dépassent le seuil de 600m² de surface à savoir les lots 19 et 20 (Figure n°6). Alors que 16 lots (près de 40% du nombre total) ont une surface foncière qui dépasse 500m² (Figure n°7).

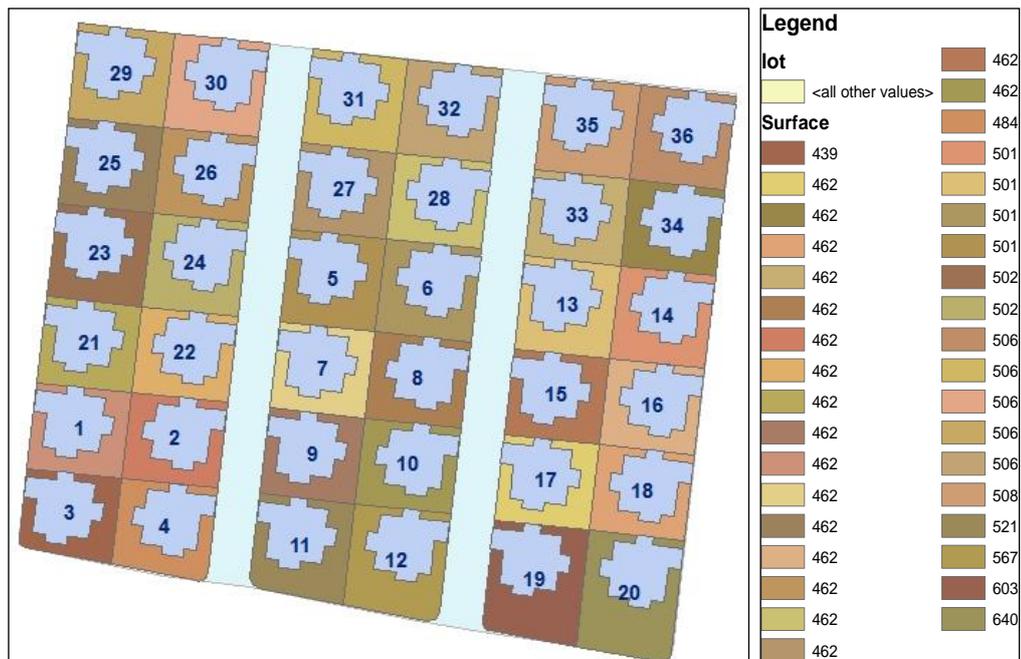


Figure n°6 : Surfaces des lots

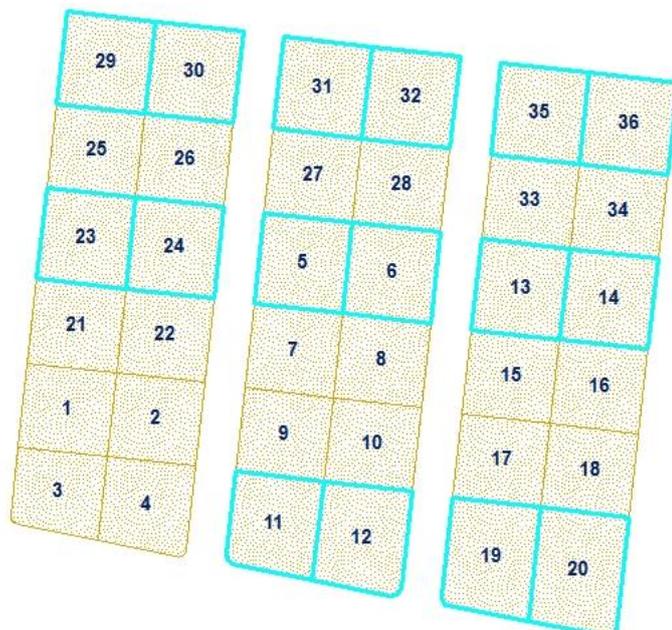


Figure n°7 : Les lots dont la surface dépasse 500m²

3.1.3.2. Valeurs du CES:

La valeur du CES varie d'un lot à un autre (Figure n°8). Ainsi, la règle d'urbanisme dictée généralement par les cahiers des charges appliqués aux lotissements et qui respectent d'ailleurs les dispositions des études de POS, fixant le CES de l'habitat individuel à 0,60 n'a pas été appliquée au niveau de ce lotissement probablement en raison de la taille des lots de terrains qui reste assez importante par rapport aux lotissements habituellement approuvés par les services techniques compétents. Etant un lotissement promotionnel « haut standing », il obéit à un cahier des charges spécifique permettant d'offrir aux usagers des surfaces de lots importantes. Toutes les valeurs du CES sont inférieures à 0,50 et 17 cas de CES sont inférieures ou égales à 0,47 (Figure n°9).

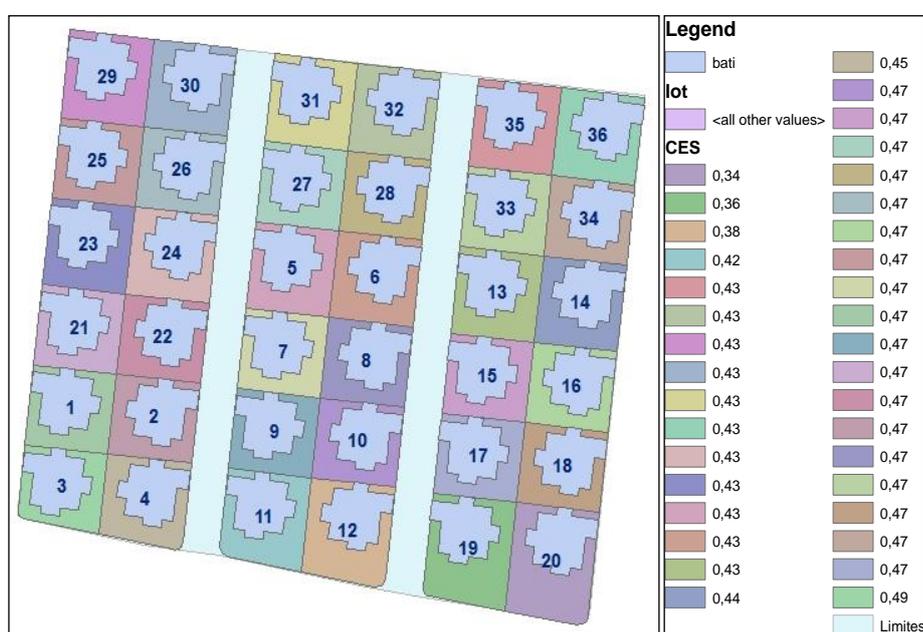


Figure n°8: les différentes valeurs du CES de l'ensemble des lots

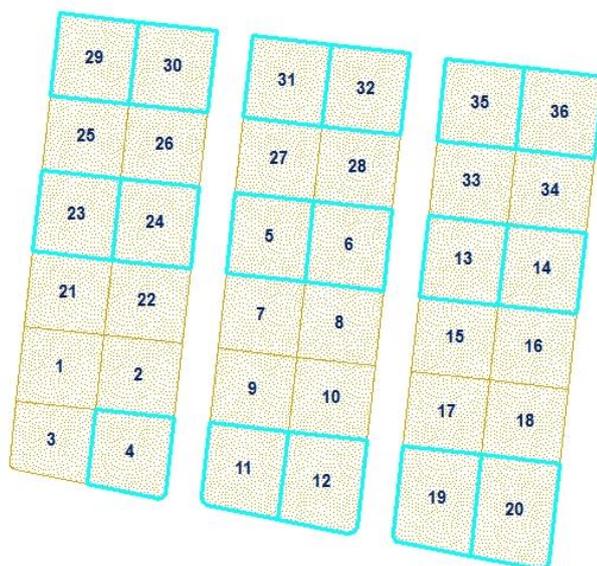


Figure n°9 : Les lots dont le CES est \leq à 0,47

3.1.3.3.Valeurs du COS:

Bien que le nombre de niveaux de l'ensemble des constructions est de l'ordre de 3 (donc en RDC+2), et en raison de la variabilité des valeurs du CES qui diffèrent d'un lot à un autre (figure n°6 ci-dessus), il est constaté que le COS également varie (Figure n°10) et par conséquent ne correspond pas à la valeur dictées par la réglementation urbaine en vigueur appliquée habituellement où le COS est fixé à 1,8. Au niveau du présent lotissement, il est constaté que toutes les valeurs du COS sont inférieures à 1,5 et qu'une dizaine de ces valeurs est inférieure même à 1,3 (Figure n°11).

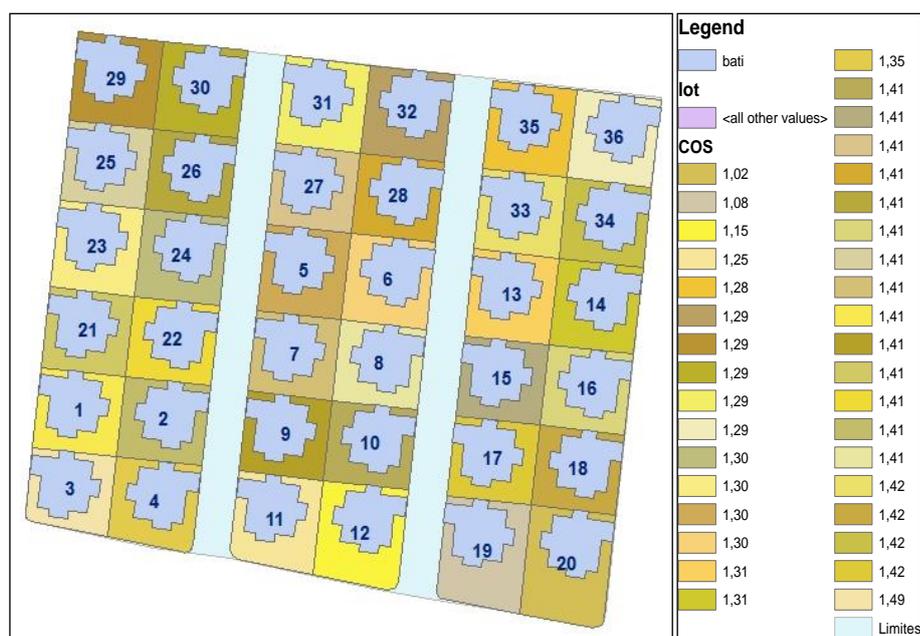


Figure n°10: Les différentes valeur du COS de l'ensemble des lots

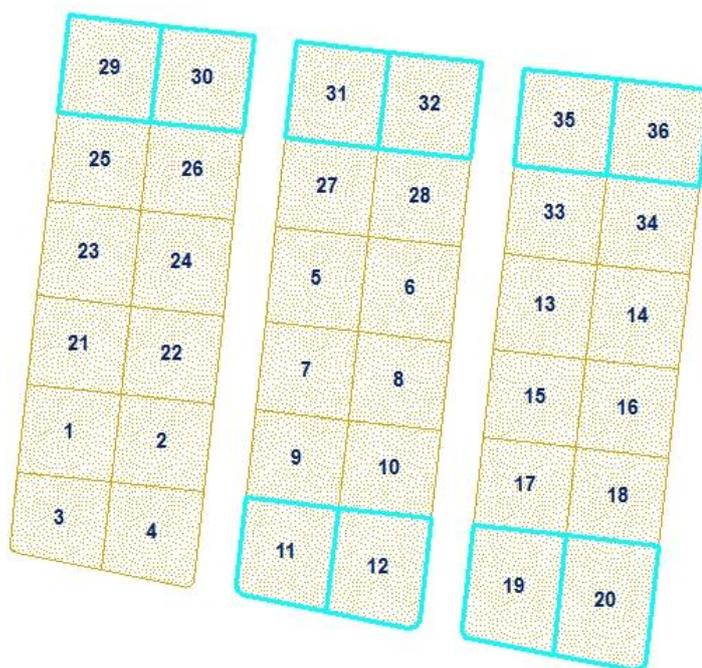


Figure n°11: les lots dont le COS est < à 1,3

3.1.4. Rapport entre la surface des lots, le CES et le COS:

Il est constaté que le CES est en parfaite concordance avec la surface foncières des lots. A préciser que cette concordance n'est pas du tout évidente au niveau des différents aménagements urbains entre autres ceux qui concernent l'habitat individuel. Ceci dit que dans la même parcelle de terrain on peut avoir plusieurs propositions des valeurs du CES en gardant la même valeur du COS. Et également on peut faire varier le COS en gardant une valeur fixe du CES (**Rémy Allain, 2004**). Ainsi, l'idée que l'emprise bâtie ne peut être stable si la surface des lots augmente ou diminue n'est pas toujours vérifiée. Toutefois, ce qui a permis cette concordance au niveau de notre cas d'étude sont deux points essentiels :

- 1- Il est bien constaté que la surface bâtie (qui reflète la surface du premier plancher bâti au sol) est la même au niveau de l'ensemble des lots et elle est égale à 218m².
- 2- Toutes les constructions s'élèvent à deux niveaux sur Rez-de-chaussée arrivant à une hauteur moyenne de 12m. Ainsi, on rappelle l'équation qui lie le COS au CES précisant que le $COS = CES * n$ (Voir chapitre I), soit "n" est le nombre de niveaux calculé sur la base de la hauteur moyenne des étages courants, et vu que le CES diffère d'un lot à un autre, il est donc remarqué que le COS suit cette variation que ça soit dans le sens croissant ou décroissant (**Stella Tsoka, 2011**) (Figure n°12).
- 3- Enfin, ce résultat prouve que la non concordance entre le COS et le CES d'un type d'habitat individuel à un autre avait comme argument probable la variation des surfaces foncières des lots.

A cet effet, et en passant de 439m² à 640m² de surface de lots, dans notre cas d'étude, le CES et le COS suivent également une allure croissante passant de 0,34 à 0,49 pour le CES, et de 1.02 à 1.49 pour le COS (Figure n°13).

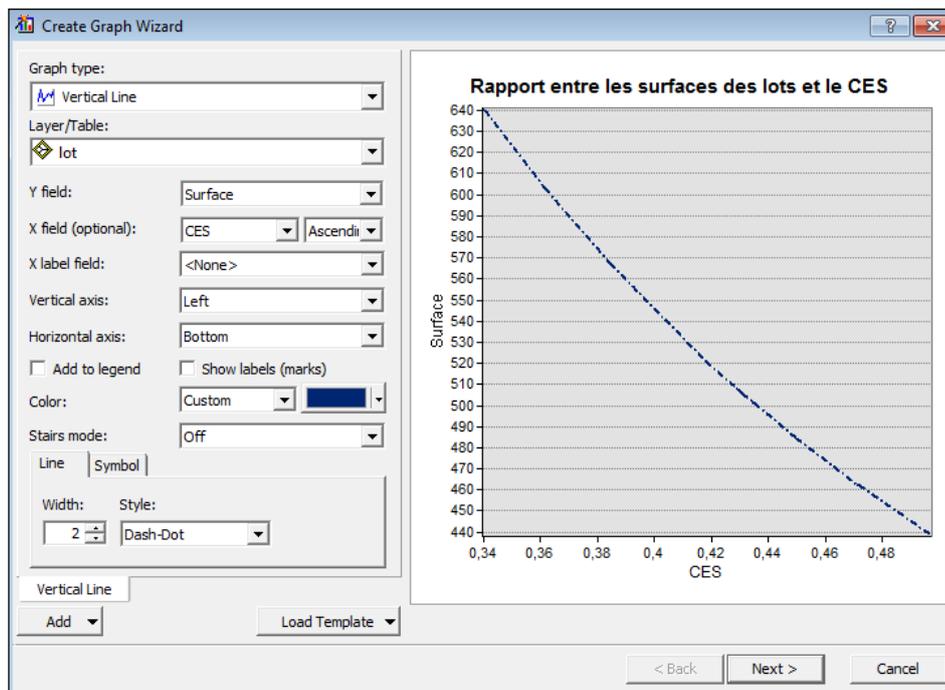


Figure n°12: Rapport entre les surfaces des lots et le CES

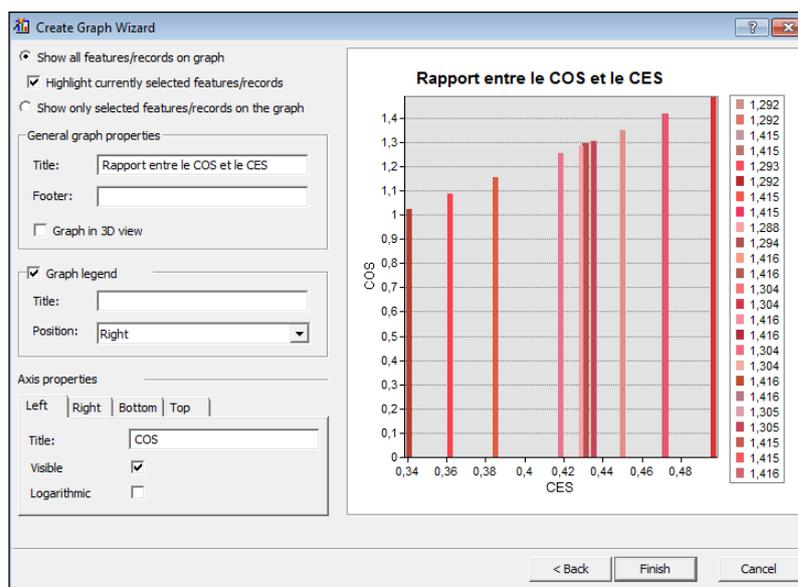


Figure n°13: Rapport entre le COS et le CES

3.2. Analyse morpho-climatique du lotissement en exploitant le programme "Envi-met4":

3.2.1. Rapport entre le CES (net) et les paramètres microclimatique

L'objectif de cette partie de la recherche est de vérifier d'abord le rapport pouvant exister entre les deux indicateurs de densité : CES et COS et les paramètres microclimatiques. Rappelons dans ce sens que l'un des résultats du chapitre précédent et qu'aucun effet direct n'existe entre eux. Néanmoins, il est à préciser que l'analyse morphologique précédemment abordée concernait le CES moyen et le COS moyen, par contre on est passé maintenant à un autre niveau de recherche qui traite les deux indicateurs de densité dans leur sens net c'est-à-

dire que toutes les données morphologiques sont assez précises. Ainsi et en exploitant le programme tridimensionnel de simulation Envi-met4, on a procédé à l'analyse microclimatique du lotissement en question à son état réel, donc, on a tout d'abord évalué l'impact de la densité existante exprimée par un COS et un CES existants avec une emprise bâtie de l'ordre de 218m² (Figures n° 15, 16, 17 et 18).

Ensuite, on a procédé à la modification de l'indicateur de densité horizontal « le CES moyen », en l'augmentant à 0.60. Le CES a été ensuite réduit à 0.35 (Figure n° 14).

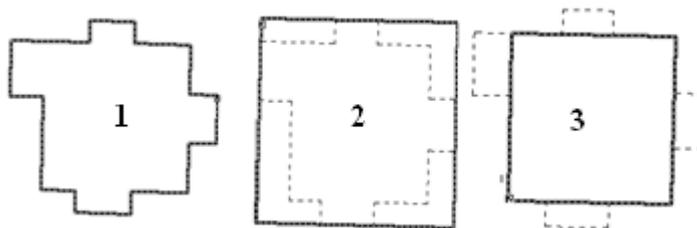


Figure n°14: Changement du CES
(1) : CES=0.45, (2) : CES=0.60, (3) : CES=0.35

La simulation s'est accentuée sur l'évaluation des variations de la température de l'air ainsi que celle de la température moyenne radiante (Tmrt) comme indice de confort. Le confort thermique extérieur a été abordé (comme il a déjà été précisé au niveau de l'introduction) afin d'intégrer un facteur essentiel qui consiste en l'usage de l'espace extérieur qui reste la finalité de cette recherche.

3.2.1.1. Définition de la température moyenne radiante (Tmrt):

Etant un indice de confort thermique des espaces extérieurs, la température moyenne radiante (Tmrt) est définie comme suit: Si toutes les surfaces de l'environnement sont uniformément confrontées à cette température, il va se produire le même bilan thermique de cet environnement avec ses variations de températures de surfaces (**Koenigsberger, O.H et al, 1980**).

Autrement définis : La température moyenne radiante intègre les flux de courte et grande longueur d'onde de l'ensemble de l'environnement en question (**Masmoudi, Soraya, 2003**).

3.2.1.2. Importance de la Tmrt :

La Tmrt est un indice thermo-physiologique très important (**Qun Dai and Marc Aurel Schnabel, 2013**). Pour cela, différentes études notamment européennes ont démontré que la perception de la température durant les journées chaudes d'été est directement et fortement liée à la température moyenne radiante de l'environnement en question (**Mayer, H et al, 2008**) Cet indice représente le degré d'exposition radiatif de l'être humain à l'ensemble

des flux de longues et courtes longueur d'ondes enregistrées dans toutes les directions (**Matzarakis, A et al, 2007**).

Ainsi, la Tmrt est différente de la température de l'air. Le rapport entre la Tmrt et les paramètres morphologiques et géométriques à l'échelle urbaine fût l'objet de recherches depuis déjà longtemps où l'importance de cet indice fût prouvée jusqu'à le considérer en plus de la vitesse du vent comme principal indice de confort thermique des espaces extérieurs ayant un effet estimé plus grand que celui des autres paramètres microclimatiques (**Marc Aurel et al, 2013**).

Dans ce contexte, l'attention est attirée par Qun Dai et Marc Aurel Schnabel de l'université de Hong Kong qui ont élaboré une recherche assez poussée sur le rapport entre la Tmrt et la géométrie des rues urbaines liée à leurs orientations. Le résultat le plus fort de cette recherche est que les différentes géométries et orientations des rues ainsi que l'emplacement exact du piéton (à la limite gauche, droite ou au centre de la rue) a un impact considérable sur la perception de la Tmrt qui diffère largement selon chaque cas. Notons également que la lecture de la Tmrt était plus significative que celle de la température de l'air (**Qun Dai et al, 2013**).

3.2.1.3.Limites de la Tmrt :

Comme tout indice de confort thermique, il y a lieu de définir les limites de confort de la Tmrt. Pour cela, il est important de signaler que très peu sont les travaux de recherche qui arrivent à définir ces limites. Qun Dai et Marc Aurel Schnabel en se basant sur une méthode dite « distribution statistique » ont déduit en 2013 trois niveaux de confort thermique d'été sur la base de la Tmrt à savoir :

Le Normal, le Doux et le Chaud (**Qun Dai et al, 2013**) comme le montre le tableau suivant :

Classification du confort thermique	Tmrt
Niveau I : Normal	$Tmrt \leq 20^{\circ}C$
Niveau II : Doux	$20^{\circ} < Tmrt \leq 49^{\circ}C$
Niveau III : Chaud	$Tmrt > 49^{\circ}C$

Tableau n°2 : Limites du confort définies par Qun Dai et Marc Aurel Schnabel en 2013

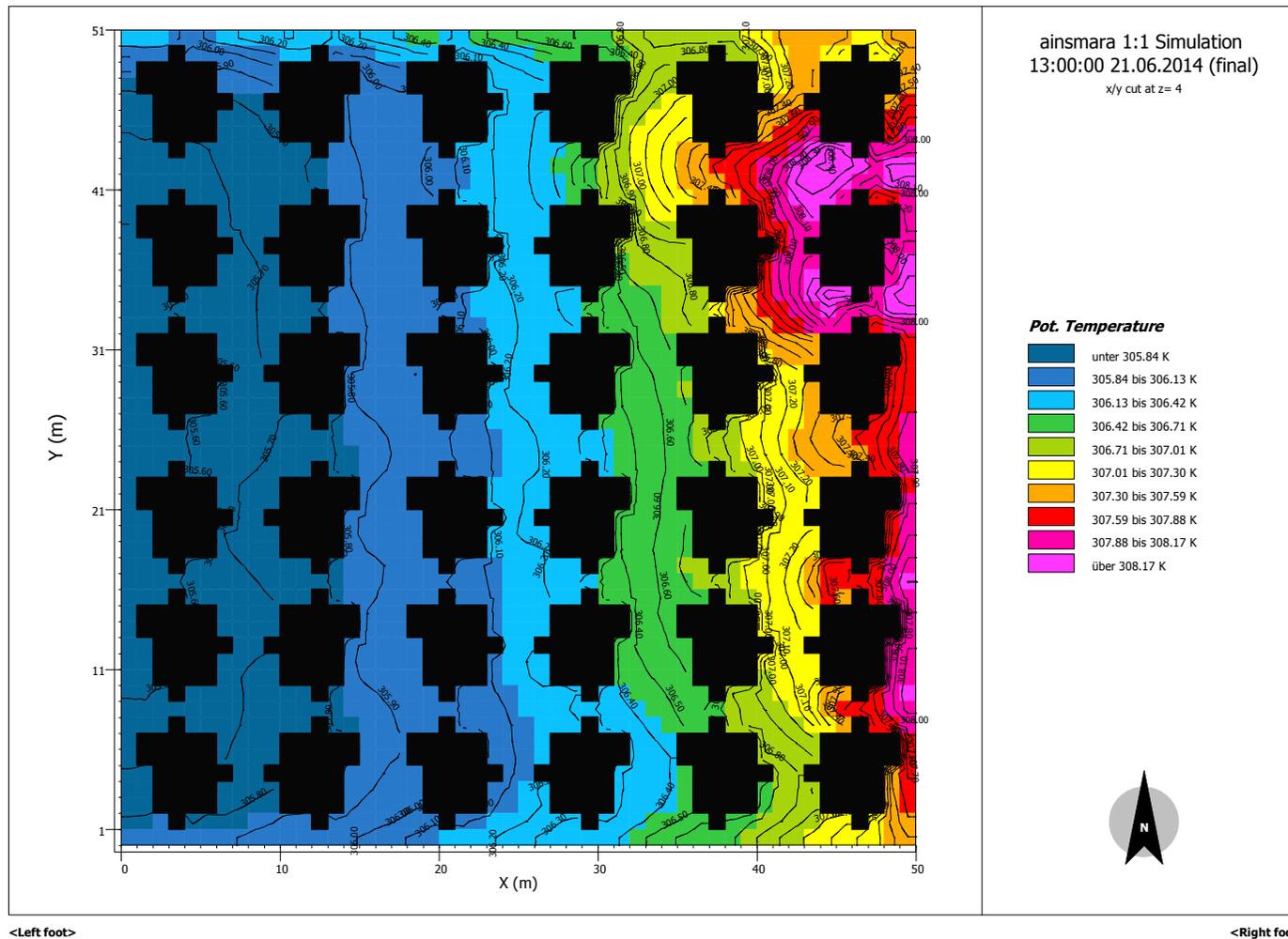
Ces mêmes chercheurs ont encore poussé leur recherche pour arriver en 2014 à de nouvelles limites de confort thermique lié à la Tmrt. La limite de la sensation du chaud est réduite à

48°C (Qun Dai et al, 2013) comme le montre le tableau n°5 ci-dessous ce qui va être adopté au niveau de notre cas d'étude :

Classification du confort thermique	Tmrt
Niveau I : Normal	$Tmrt \leq 24^{\circ}C$
Niveau II : Doux	$24^{\circ} < Tmrt \leq 48^{\circ}C$
Niveau III : Chaud	$Tmrt > 48^{\circ}C$

Tableau n°3 : Limites du confort définies par Qun Dai et Marc Aurel Schnabel en 2014

3.2.2. Analyse microclimatique de l'état existant (CES= 0.45):



**Figure n°15: Température de l'air en été en conservant un CES moyen net réel =0,45
Le 21/06/2014**

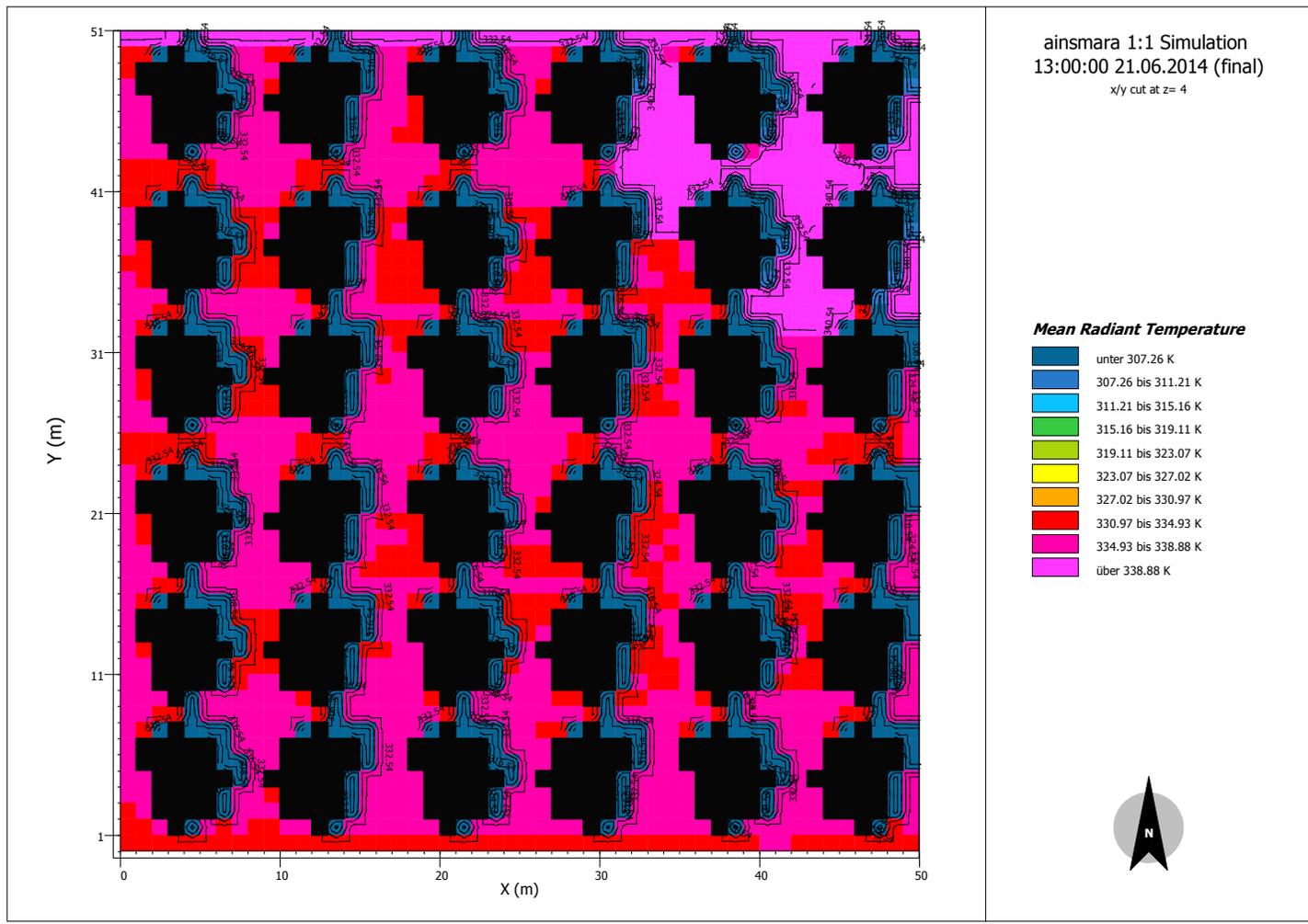


Figure n°16: Température moyenne radiante en été en conservant un CES moyen net réel =0,45
Le 21/06/2014

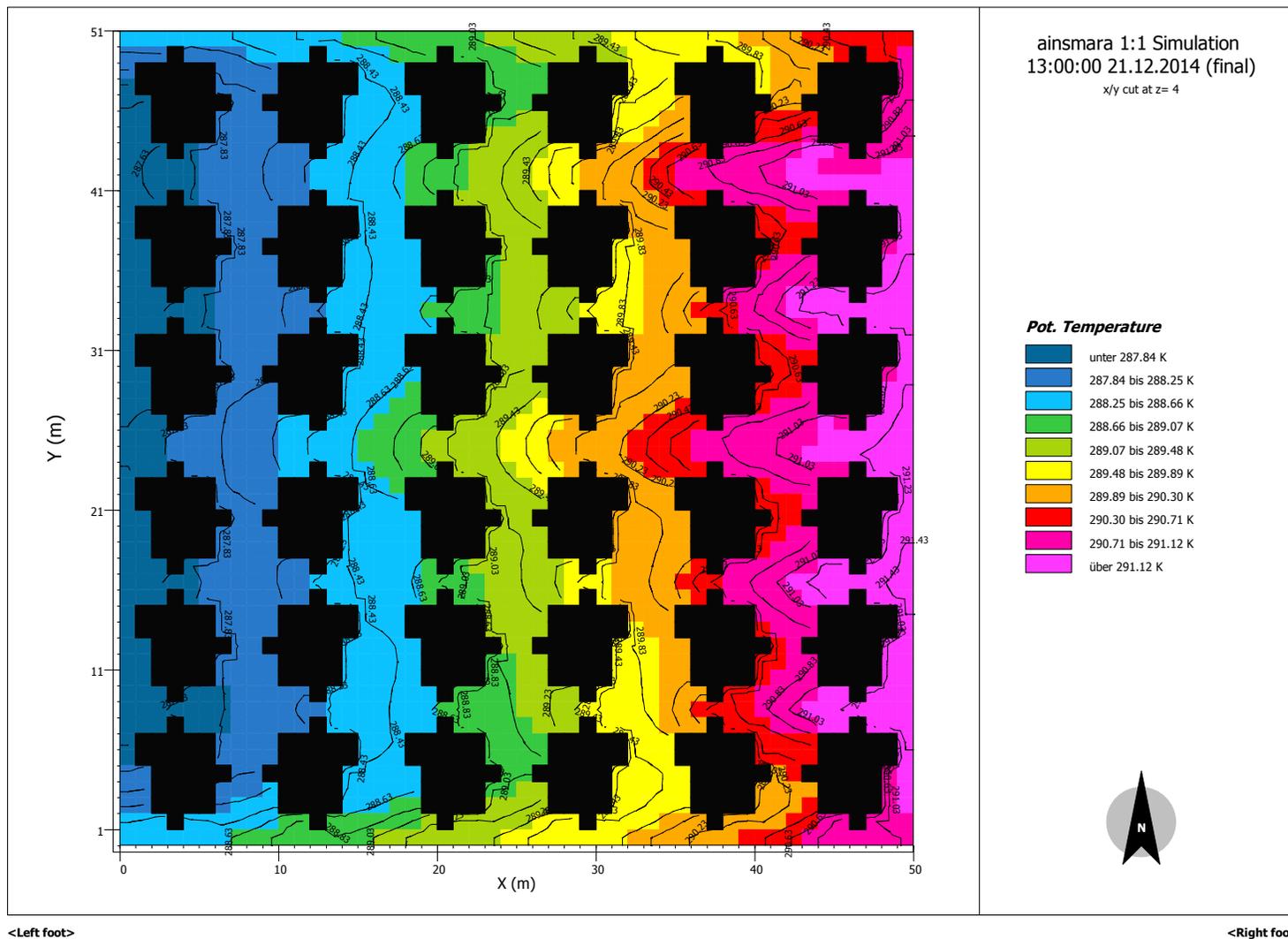


Figure n°17: Température de l'air en hiver en conservant un CES moyen net réel =0,45
Le 21/12/2014

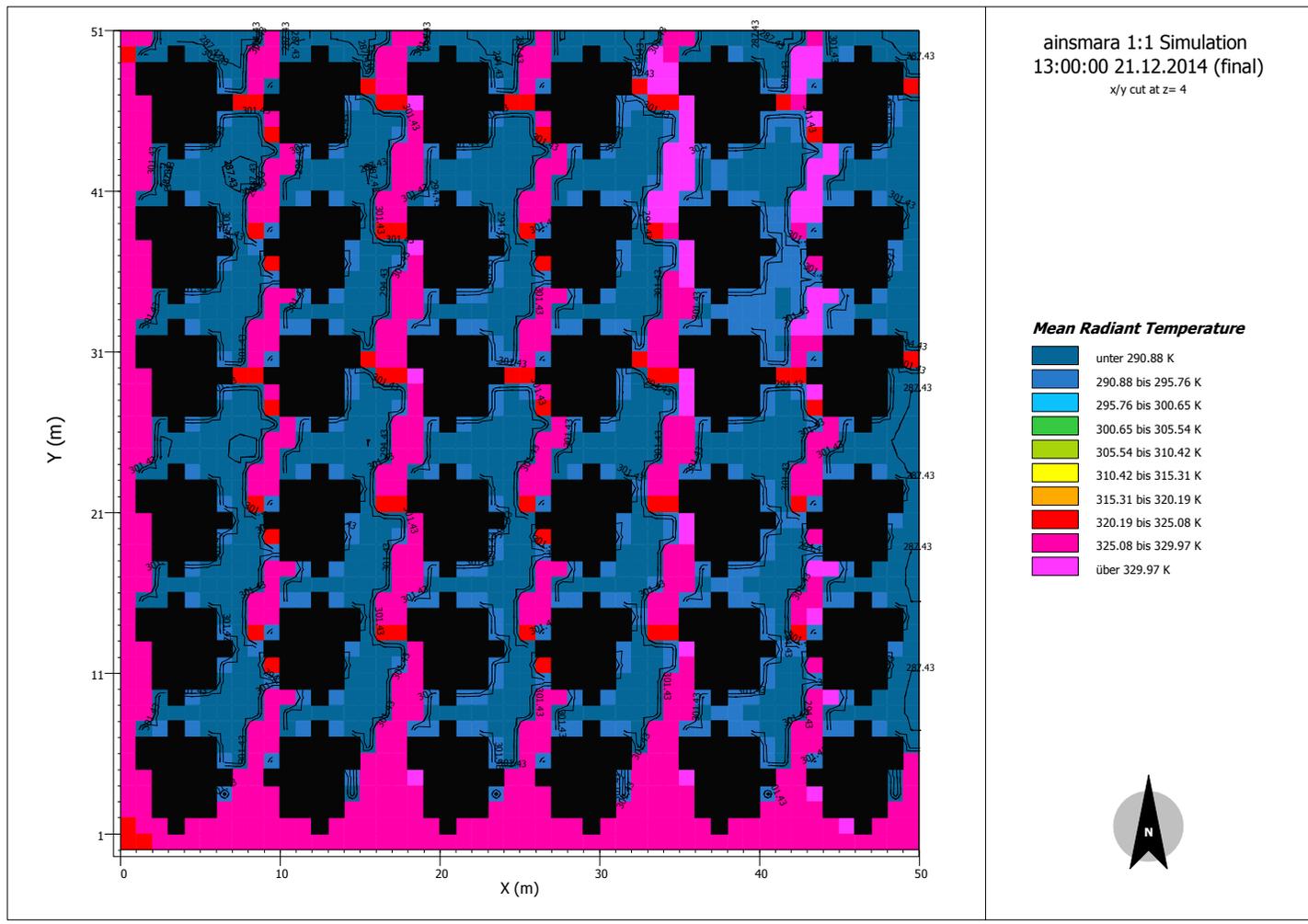


Figure n°18: Température moyenne radiante en hiver en conservant un CES moyen net réel =0,45
Le 21/12/2014

3.2.3. Analyse microclimatique après changement du CES (CES = 0.60 & CES= 0.35):

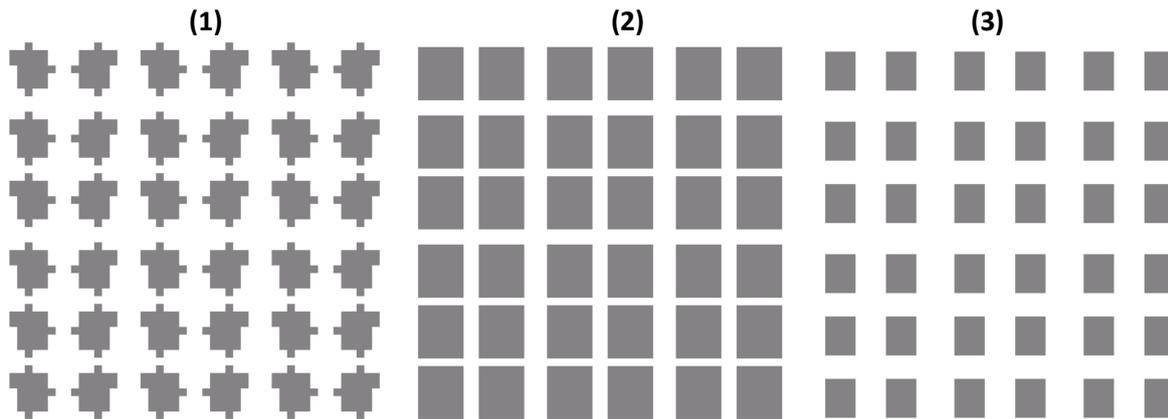


Figure n°19 : Changement du CES
(1) CES (existant)= 0.45, (2) CES= 0.60, (3) CES = 0.35

3.3. Discussion des résultats :

3.3.1. Température de l'air:

Les variations de la température de l'air est inversement proportionnées avec les différentes valeurs du CES. En évaluant le microclimat existant au niveau du lotissement, donc avec un CES moyen net égal à 0,45 il est constaté qu'en été, la température maximale est de l'ordre de 35°C et la minimale est égale à 33°C. Ensuite en procédant à la modification du CES dans les deux sens croissant et décroissant, on a remarqué que les deux températures maximale et minimale ont considérablement diminué lorsque le CES fût augmenté à 0,60. A cet effet, la température maximale a baissé jusqu'à 25°C et la minimale a chuté jusqu'à 23°C (Figure n°20). Ce résultat important s'explique comme suit:

- Le rôle important que joue la réduction de la distance séparant les constructions, ce qui nous rappelle le résultat obtenu au niveau du chapitre précédent, où le rapport H\L avait un impact considérable sur la température de l'air au milieu de la rue. Ce rapport avait plus d'impact que le CES (**Hans Rosenlund et al, 1997**) qui a été traité précédemment selon des valeurs moyenne.
- Il est également déduit que l'intervention sur le COS au lieu du CES prouve dans ce cas d'étude son efficacité (**Oke T.R, 1982**).

Par contre en hiver, on constate que la température de l'air augmente en augmentant le CES (Figure n°21), ce qui reflète :

- l'effet de piégeage de chaleur lié au manque d'aération vu que le mouvement de l'air est plus réduit (**Claire Greuillet et Laurence Galsomiès, 2013**).

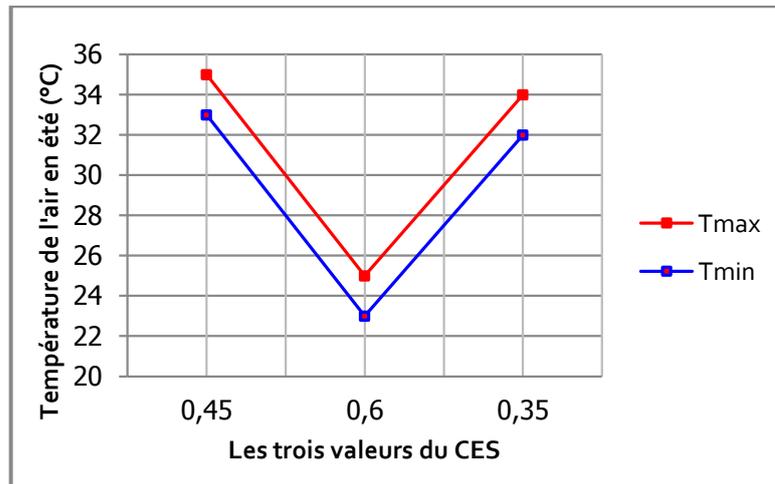


Figure n°20: Variation de la température de l'air en été en fonction des trois valeurs du CES
Le 21 Juin 2014

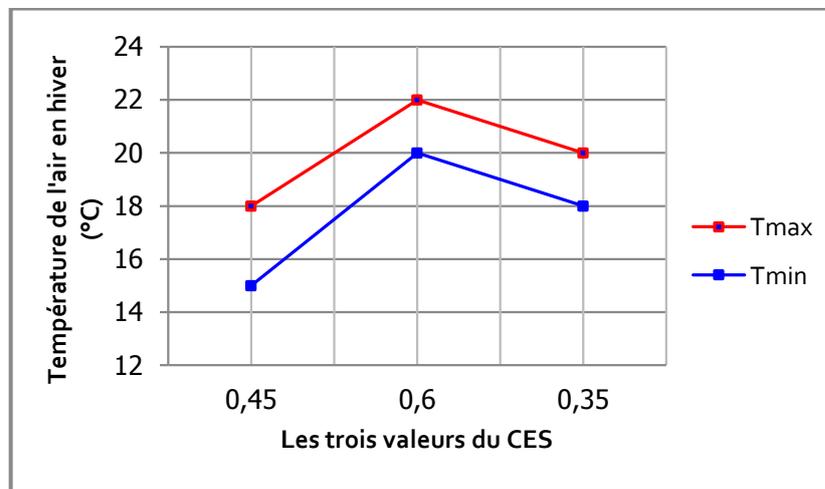


Figure n°21: Variation de la température de l'air en hiver en fonction des trois valeurs du CES
Le 21 Décembre 2014

3.3.2. Température moyenne radiante (Tmrt):

- En ce qui concerne le lotissement objet de cette recherche, la température moyenne radiante pour ses valeurs maximales et minimales suit la même allure que la température de l'air en été. Elle diminue avec un intervalle de 14°C pour ses valeurs maximales (de 66°C à 52°C) et avec un intervalle de 10°C pour ses valeurs minimales (de 33°C à 23°C) (Figure n°22). Ceci est dû au fait que la température de l'air est l'une des résultantes de la Tmrt, et par conséquent elles sont en parfaite concordance (Qun DAI and Marc Aurel Schnabel, 2013).

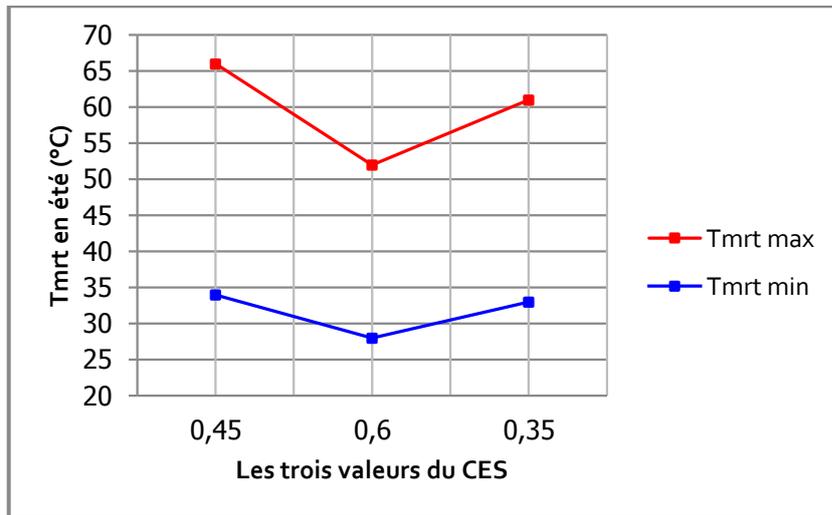


Figure n°22: Variation de la température moyenne radiante en été en fonction des trois valeurs du CES
Le 21 Juin 2014

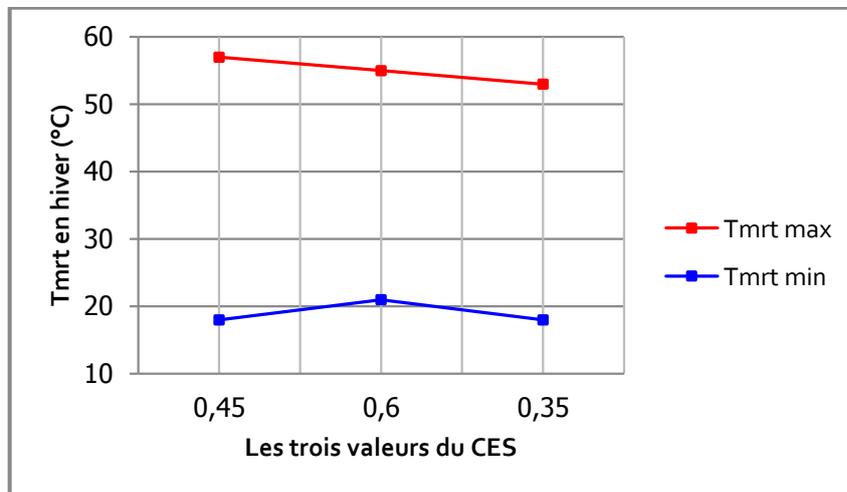


Figure n°23: Variation de la température moyenne radiante en hiver en fonction des trois valeurs du CES
Le 21 Décembre 2014

II. CAS D'ETUDE N°3 : Analyse morphologique et morpho-climatique du "Lot n°7" :

Cette partie de l'investigation s'accroît sur l'analyse géométrique et microclimatique d'un lot de terrain construit aux seins du même lotissement en question. En choisissant une parcelle située au centre du lotissement, l'objectif de cette étape de la recherche est de suivre une hiérarchie d'échelles et de réflexion en partant rappelons-le d'une échelle de la ville (Voir chapitre n°IV), passant par celle d'un lotissement jusqu'à arriver à la construction individuelle implantée dans sa propre parcelle. Cette hiérarchie est en mesure de traiter au mieux et d'une façon plus précise la notion de réglementation ayant trait à la densité urbaine dictée par le CES et le COS.

1. Analyse morphologique du lot n°7:

Le lot choisi pour être l'objet de cette investigation est le numéro "7" (Figure n°24). La surface de l'ensemble du lot est égale à 462m² avec une emprise bâtie de l'ordre de 218m². En terme d'indice de densité, on constate un CES (net)= 0,47 et un COS (net) = 1,42.

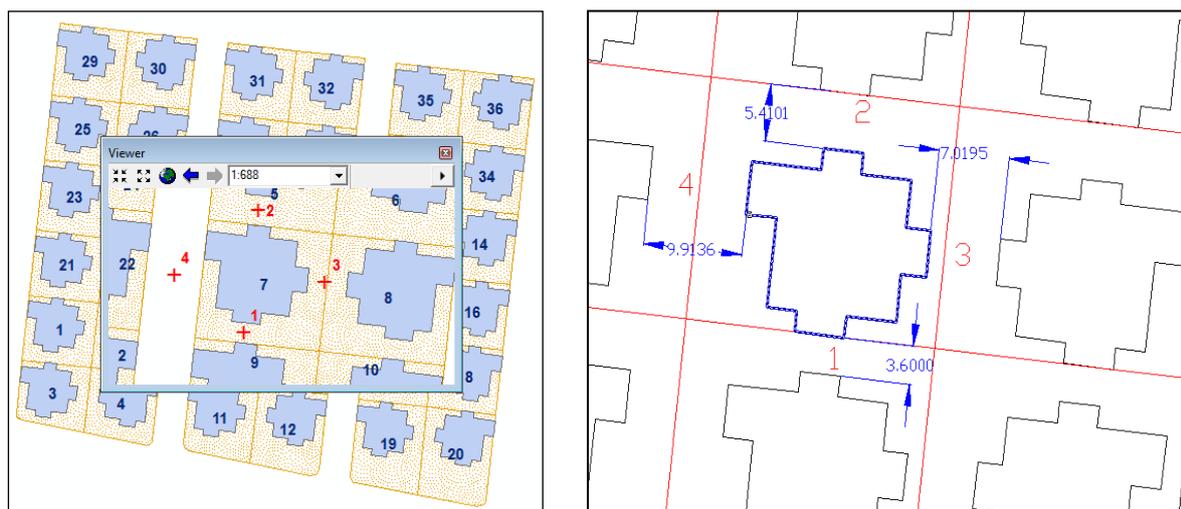


Figure n°24 : Situation et cotation des quatre stations 1,2,3,4

Comme le montre la figure n°24, la construction bâtie dans le lot n°7 a été morphologiquement analysée. Ainsi, son éloignement des constructions limitrophes (**L**) a été calculé. Après avoir calculé la hauteur de cette construction (**H**), il a été déduit le rapport ou bien le prospect (**H/L**). Quatre points entourant cette construction et placés à la mi-distance entre la construction n°7 et celles qui l'entourent ont fait l'objet de stations de mesure. Du point de vue géométrique, il a été procédé au calcul du **SVF** (Voir définition du SVF au chapitre I). les résultats de ces mesures morphologiques sont détaillés dans la figure n°25 ci-dessous.

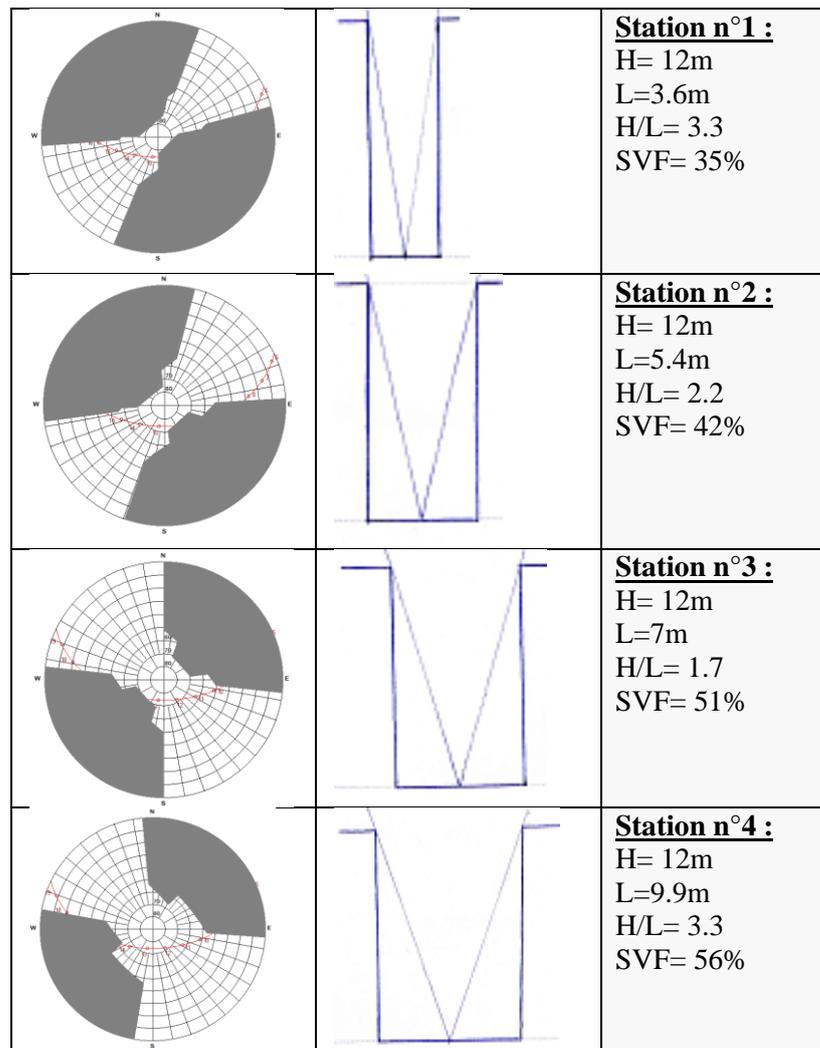


Figure n°25 : Détails géométriques des quatre stations 1,2,3,4

2. Analyse microclimatique:

2.1. Période d'été:

2.1.1. Mesures in-situ:

St	8h			10h			12h			14h			16h		
	V: (m/s)	H (%)	T: (°C)	V: (m/s)	H: (%)	T: (°C)									
1	26,7	40,4	0	31,2	34,8	0	35,0	29,5	0,5	34,8	27,9	0,1	38,2	16,0	0,2
2	26,4	41,0	0	31,2	35,8	0	35,0	29,5	0,3	36,7	25,5	0	40,2	13,2	0,6
3	26,2	41,2	0	30,0	37,0	0	34,2	30,0	0,2	36,5	25,3	0	40,2	13,2	0,4
4	26,4	40,9	0	33,6	32,0	0	33,6	32,0	0,2	36,3	26,4	0	40,0	13,9	1,8

Tableau n°4: Paramètres microclimatiques mesurés en été
Le 21 juin 2014

2.1.2. Température de l'air:

Les courbes désignant les variations de la température estivale de l'air au niveau des quatre stations suivent toutes la même allure ascendante depuis le début de la matinée jusqu'à la fin de l'après midi. Etant très rapprochées, ces valeurs restent visiblement supérieures à la température météorologique (Figure n°26). L'impact du SVF sur la température de l'air peut être constaté

notamment au niveau des deux stations où le SVF connaît des valeurs extrêmes à savoir la station n°4 ayant un SVF égal à 0,56 et la station n°1 avec un SVF égal à 0,35. Selon le graphe (Figure n°26), et durant la plus grande période de la journée (8 heures en totalité), la température de l'air au niveau de la station n°4 est plus importante que celle de la station n°1. La différence de température est arrivée à 2,4°C à 10h.00 et a atteint 2,2°C à 16h00. Ainsi, il est prouvé que le SVF et ceci quelque soit le type du climat qui règne affecte considérablement la température de l'air et des surfaces des espaces extérieurs en l'occurrence les rues (De Hatten, Anne, 2002). Au niveau de notre cas d'étude on constate que l'effet « Canyon » est inversée et que l'étroitesse de l'espace accentue la surchauffe. Ceci est du à l'effet de « multi-réflexion » qui aggrave la perception thermique de l'espace (Glockner ,Stéphane, 2000).

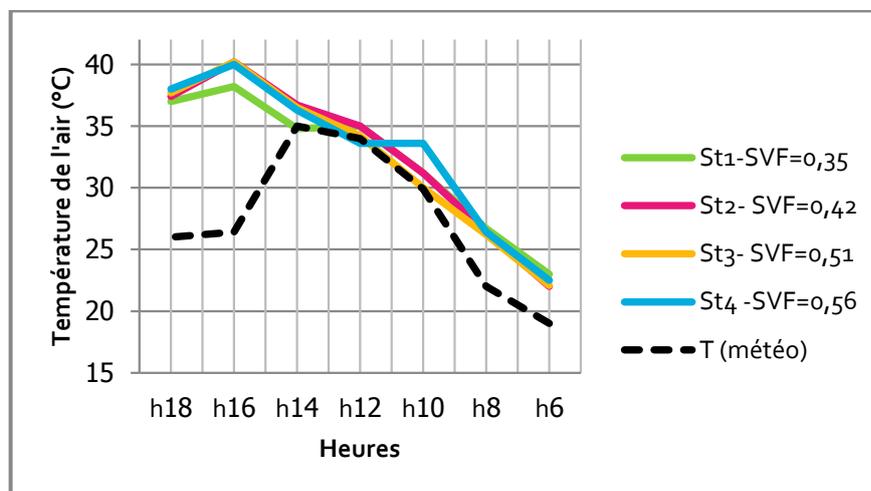


Figure n°26: Courbes de la température de l'air mesurée en été
Le 21 Juin 2014

2.1.3. Humidité relative de l'air:

Pour un climat semi aride tel que celui de la ville d'Ain Smara, la température de l'air et son humidité relative sont en général inversement proportionnées (Larwanou Mahaman, 2005). De ce fait, il est constaté la concrétisation de cette logique où il est visiblement remarqué que les courbes de l'humidité relative de l'air au niveau des quatre stations suivent une allure complètement inversée par rapport à celles de la température de l'air. Etant également très proches au niveau de toutes les stations, il est toutefois enregistré que l'humidité relative est assez élevée durant la matinée arrivant jusqu'à 44% au niveau de la station n°2 pour diminuer ensuite progressivement et atteindre la valeur de 14,2% à la station n°4 (Figure n°27). D'un autre côté, l'humidité relative de l'air pour toutes les stations est presque toujours inférieure à celle enregistrée par les services météorologiques. Ceci est du au positionnement de la station météo. Cette dernière est souvent positionnée en dehors des agglomérations urbaines, voire même au milieu rural ou à proximité des ports et des aéroports, vu qu'elle traite les données météo à des échelles souvent territoriales. C'est

pourquoi, les valeurs de l'humidité relative enregistrées sont en général assez élevées par rapport aux centres urbains (Farah Abdelhafid Karim, 2014).

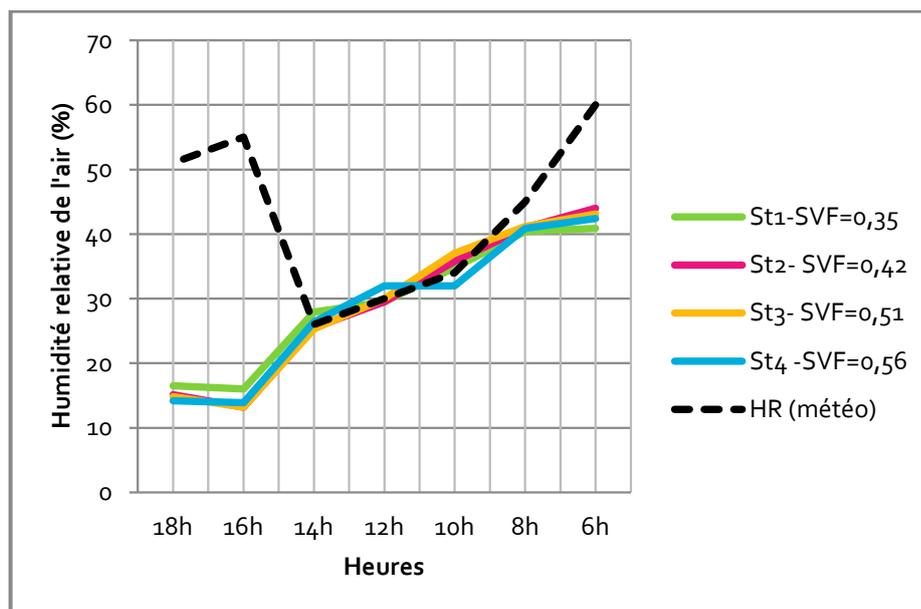


Figure n°27: Courbes de l'humidité relative de l'air mesurée en été
Le 21 juin 2014

2.2.Période d'hiver

2.2.1. Mesures in-situ:

St	8h00			10h00			12h00			14h00			16h00		
	T: (°C)	H: (%)	V: (m/s)	T: (°C)	H (%)	V: (m/s)									
1	10.9	66.6	0.2	13	61.3	0.1	16.4	54.5	0.0	18.2	45.5	0.0	12.3	46.5	0.0
2	10.3	69.6	0.8	13.5	62.0	0.2	15.7	57.5	0.0	16.0	53	0.4	10.2	55	0.0
3	10.4	69.4	0.2	12.5	65	0.2	15	57	0.0	16.8	51.5	0.0	11.3	48.8	0.0
4	10.1	69.5	0.5	12.5	64	0.8	14.9	60	0.2	17	49.9	0.5	12	47.4	0.0

Tableau n°5 : Paramètres microclimatiques mesurés en hiver
Le 21 Décembre 2014

2.2.2. Température de l'air:

Selon un graphe ascendant la matinée et descendant l'après midi, la température de l'air enregistrée par les services de l'office national de météorologie de la wilaya de Constantine bien qu'elle suit la même tendance que les courbes des températures mesurées, elle prend toutefois des valeurs différentes par rapport à celles-ci et cela au niveau des quatre stations sus citées.

Cette température météo est clairement inférieure à toutes les valeurs de température mesurées tout à fait au début de matinée et les a assez dépassées en fin d'après midi. Elle les dépasse également pendant une importante période de la journée estimée selon le graphe à 4 heures à savoir entre 9h et 13h, ceci, contrairement à ce qui est constaté en été. En ce qui concerne le cas d'étude donc, la constatation estivale est inversée. Ceci est du selon la spécificité de notre site d'étude et aussi selon la réalité morphologie du terrain à un accès réduit du soleil causé par l'existence d'obstacles construits jumelé à la faible hauteur du soleil et également sa faible intensité (Mohamed Benzerzour, 2004). Ceci est affecté par la variété des valeurs du facteur d'ouverture au ciel (SVF) (De Hatten, Anne, 2002). Ainsi, l'augmentation des valeurs de la température de l'air est inversement proportionnelle avec celles du SVF (Figure n°28).

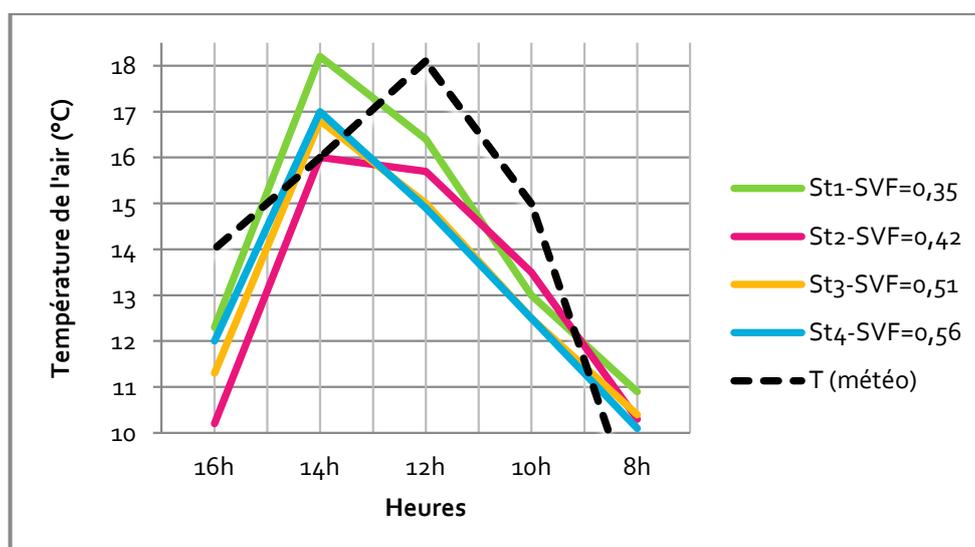


Figure n°28: Courbes de la température de l'air mesurée au niveau des 4 stations en hiver
Le 21 Décembre 2014

2.2.3. Humidité relative de l'air:

L'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage débute d'une valeur assez élevée en début de matinée, elle commence à prendre une allure décroissante jusqu'à ce qu'elle se stabilise en fin de journée à partir de midi. Ce constat concorde parfaitement avec le résultat du graphe de la figure n°29 Où la température de l'air décroît exactement avec le même rythme et durant la même période de la journée.

Les résultats des mesures in situ au niveau des quatre stations de mesure concorde également avec ceux présentés dans la figure n°29 de ce fait, il est bien apparent que la température de l'air et son humidité relative sont inversement proportionnels (**Larwanou Mahaman, 2005**)

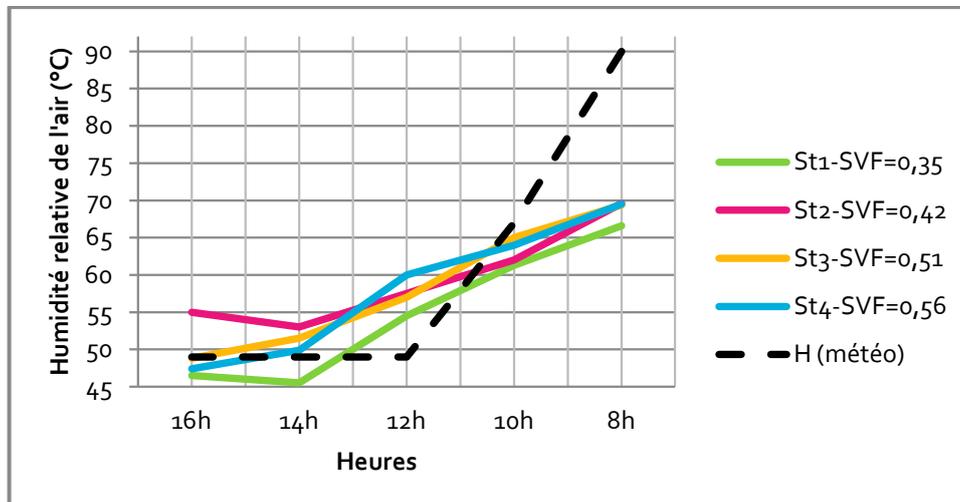


Figure n°29 : Courbes de l'humidité relative de l'air mesurée au niveau des 4 stations en hiver
Le 21 Décembre 2014

3. Analyse morpho-climatique :

3.1. Effets du SVF sur la température de l'air (T_a) et la température moyenne radiante (T_{mrt}):

3.1.1. Effets des paramètres morphologiques sur « T_a » et « T_{mrt} » :

3.1.1.1. En été :

En ce qui concerne notre cas d'étude, la T_{mrt} a été évaluée sur la base du programme de simulation Envi-met4. Cette dernière version de ce modèle donne la possibilité de traiter les données microclimatiques avec beaucoup plus de précision (www.envi-met.info).

Tout d'abord, on constate que les deux graphes ci-dessous (Figure n°30 et 31) montrent la relation inverse logique et systématique entre le SVF et le rapport H/L. Ensuite, il est important le rôle déterminant et prouvé du SVF sur le microclimat urbain. Ainsi, Ce facteur affecte sensiblement la surchauffe de l'air et des surfaces comme l'a démontré K.E.Runnals et T.R.Oke en l'an 2000 après un travail de recherche élaboré sur le microclimat urbain de la ville de Strasbourg (**De Hatten, Anne, 2002**). Ce dernier diminue à chaque fois que le SVF augmente et vice versa. Ensuite, on a déduit une série de résultats montrant la relation entre T_a , T_{mrt} , SVF et H/L et qui sont détaillés comme suit :

- La température de l'air diminue en général avec l'augmentation du SVF. La température passe de 35°C à 33.5°C lorsque le SVF passe de 35% à 56% qui correspondent à un rapport H/L égale respectivement à 3.3 et 1.2. Toutefois il est constaté qu'elle connaît une valeur fixe égale à 35°C au niveau des stations n°1 et 2 caractérisées par des SVF de l'ordre de 35% et 42% respectivement ce qui correspond à des valeurs respectives du rapport H/L égales à 3.3 et 2.2.

Cette déduction rappelons le a été l'un des résultats importants du chapitre précédent démontrant que contrairement à ce qui est connu pour un climat semi aride tel que celui de la ville d'Ain Smara où l'effet canyon en général devrait favoriser la diminution de la température de l'air notamment en été et contribue à un confort thermique extérieur souvent idéal (**Mohamed Benzerzour, 2004**), en effet, il n'y a pas de concordance. Ceci et comme il a été expliqué précédemment est certainement du au fait que la ville d'Ain Smara est caractérisée par des conditions climatiques et microclimatiques assez spécifiques influencées notamment par un relief et une topographie propre à elle mais également par un mode d'occupation du sol bien précis où les sommets des collines sont occupés par des forêts urbaines tandis que l'urbanisation a occupé les creux plats ce qui contribue inévitablement à la création de microclimats spécifiques.

- Un rapport direct et une concordance sont constatés entre la température de l'air et la Tmrt. Ce résultat est confirmé lors d'une recherche menée par Qun Dai et Marc Aurel Schnabel en 2013. Ils ont également démontré que malgré que cette concordance semble ne pas être parfaite pendant certaines périodes de la journée, ce qui reste assez apparent est que l'allure générale des courbes et le rythme ascendant et descendant est le même (**Marc Aurel Schnabel et al, 2013**). Les figures n°30 et 31 ci-dessous relatifs à cette recherche montre clairement que les deux températures sont en parfaite concordance au niveau de la rue malgré certains décalage durant la journée de l'investigation.

C'est-à-dire qu'il existe dans notre cas d'étude une allure descendante claire des valeurs des deux températures. A titre indicatif, il a été enregistré une température de l'air égale à 35°C à la station n°1 avec une Tmrt de l'ordre de 57°C. Tandis qu'au niveau de la station4 où la température de l'air est la plus réduite au seuil de 33.6°C la valeur de la Tmrt a descendu jusqu'à 37°C.

- Les valeurs de la Tmrt suivent également cette concordance inverse avec le SVF et par conséquent avec le rapport H/L. lorsque le SVF augmente, la Tmrt diminue et vise versa. Ainsi en passant d'un SVF de 35% à un SVF de 56%, la Tmrt diminue de 57°C à 37°C. En confirmant l'effet considérable de la morphologie urbaine reflétée par différentes formes urbaines sur la Tmrt en tant qu'indice de confort thermique très signifiant, Beurt

Heusinkveld en collaboration avec Qun Dai et Marc Aurel Schnabel a mené une recherche en 2014 sur l'effet du rapport H/L sur la Tmrt. Ils ont en effet démontré suite à une simulation numérique en moyen du modèle SOLWEIG (c'est un modèle tri-dimensionnel de simulation conçu par « Goteborg Urban Climate Group » et il est en mesure de donner d'importants résultats concernant les différents flux radiatifs et leur rapport avec le SVF) (Lindberg, F. and Grimmond, 2010) que la Tmrt connaît des valeurs faibles et peu variées au niveau des rues étroites et ceci en rapport évidemment avec le climat de la zone de Rotterdam (Bert Heusinkveld et al, 2013). Pour notre cas d'étude, l'effet est également important sauf qu'il est inversé pour des motifs cités ci-dessus. Du point de vue confort thermique, il est constaté et cela suite aux limites de confort ci-dessus définis, qu'au niveau de la station 1, la Tmrt dépasse le seuil de 48°C qui est le début de la sensation du chaud. Etant égale à 57°C, elle est enregistrée comme la valeur la plus élevée par rapport aux autres stations (Figure n°30). La station n°2 connaît une Tmrt égale à 47°C et au niveau des stations n°3 et 4 la Tmrt est fixe et de l'ordre de 37°C.

Ainsi, et dans le but d'arriver à définir une largeur de la rue en mesure de nous offrir un confort thermique à la juste limite qui est égale à 48°C, on a procédé à une modification progressive de la largeur de la station n°2 jusqu'à atteindre ce seuil. (5.4m – 48°C), (5.3 – 48°C), (5.2m – 48°C) et enfin (5.1m - 47°C). Ceci en respectant la hauteur des constructions existantes qui est égale à 12m.

En conclusion la largeur de la rue ne doit pas être inférieure à 5.1m et le rapport H/L ne doit pas être supérieur à 2.3

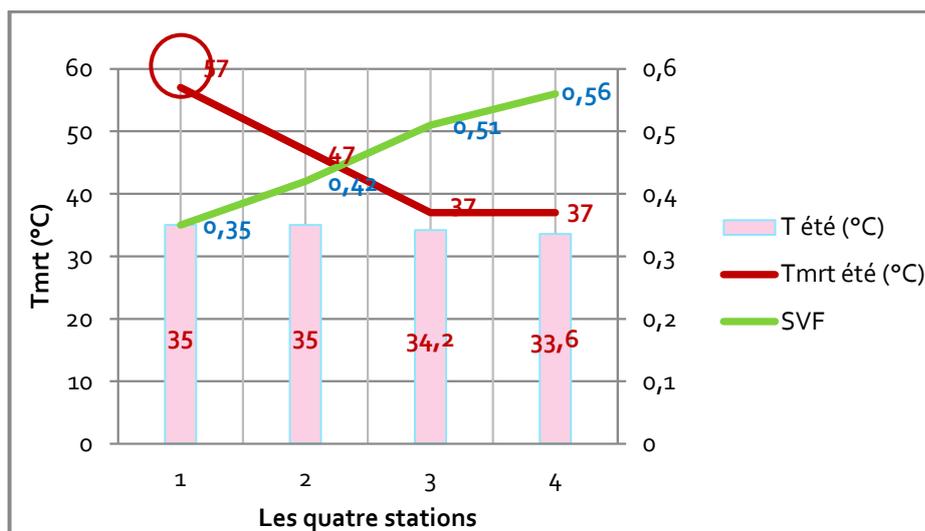


Figure n°30 : Variations de Ta, Tmrt en été le 21/06/2014 à 12h en fonction du SVF

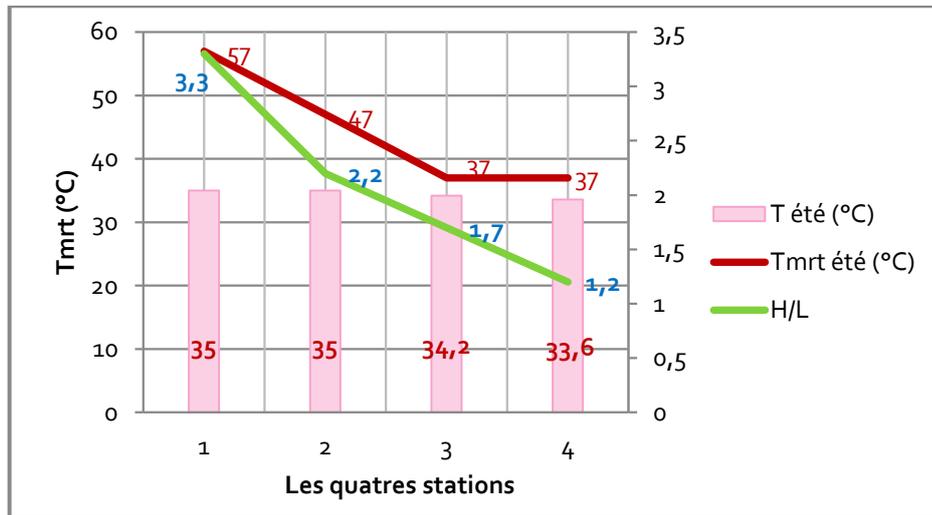


Figure n°31 : Variations de Ta, Tmrt en été le 21/06/2014 à 12h en fonction du rapport H/L

3.1.1.2. En hiver :

En saison froide et comme il a été mentionné précédemment, la variation de la température de l'air des quatre stations objet de l'investigation diffère d'une station à une autre. Elle diminue à chaque fois que le SVF augmente et donc le rapport H/L diminue (Figure n°32 et 33). Ceci peut être expliqué par le fait que les rues larges donnent la possibilité d'infiltration de certains courants froids d'hiver (Claire Greuillet Et Laurence Galsomiès, 2013), en plus l'augmentation du pourcentage du SVF peut contribuer au dégagement de la chaleur restituée par les matériaux durant la nuit et aussi, il est bien prouvé qu'en cas d'existence du phénomène de multi-réflexion (Figure n°36), alors l'intensité de ce phénomène diminue à chaque fois que le SVF augmente et par conséquent la répercussion de ce processus sur la température de l'air et sur la Tmrt est également évidente (Mayer.H et Hoppe.P, 1987). Enfin, et comme la température moyenne radiante (Tmrt) suit systématiquement les variations de la température de l'air (Swaid.H, Bar.E.M et Hoffman.M.E, 1993), il est bien apparent qu'elle est en parfaite concordance avec celle-ci en hiver comme en été.

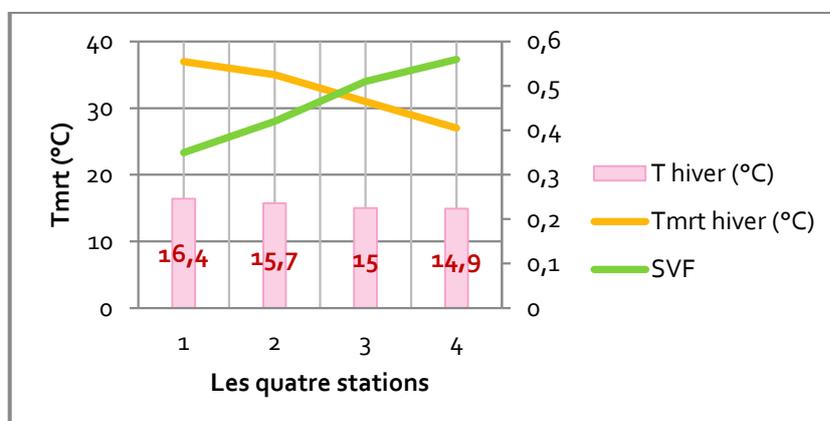


Figure n°32 : Variations de Ta, Tmrt en hiver le 21/12/2014 à 12h en fonction du SVF

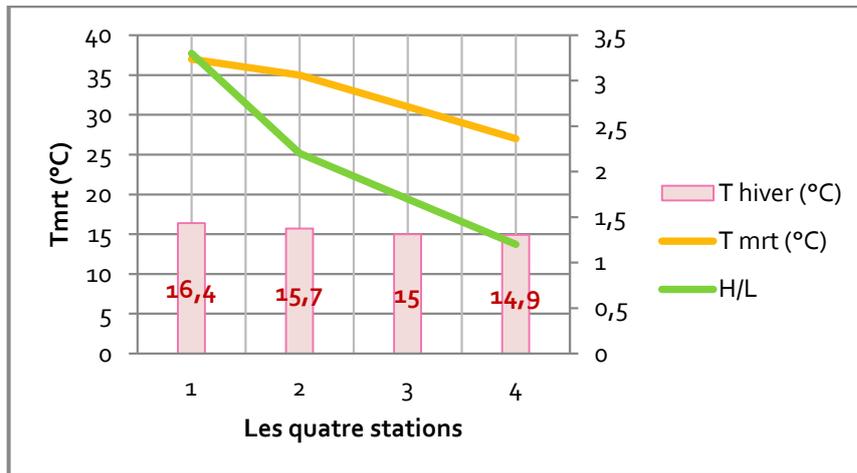


Figure n°33 : Variations de Ta, Tmrt en hiver le 21/06/2014 à 12h en fonction du rapport H/L

3.2. Effets du rapport H/L sur le flux radiatif :

Les quatre stations objet de la campagne de mesure et de simulation connaissent respectivement des valeurs croissantes du SVF. D'autre part, il est constaté que le flux radiatif global (direct + diffus) suit également cette allure croissante en hiver comme en été. A titre indicatif, au niveau de la station n°1 ayant un SVF égal à 0,35 on a enregistré un flux radiatif global de l'ordre de 217w/m² en été et 116w/m² en hiver. Tandis que pour la valeur la plus importante du SVF qui est 0,56 caractérisant la station n°4, le flux global est égal à 877w/m² en été et 475w/m² en hiver (figures n°34 et 35). Ceci, est du au fait que l'accès du rayonnement solaire dépend largement du degrés d'ouverture au ciel (**Erik Johansson & Djamel Ouahrani, 2009**). Ainsi et en observant la figure n°34, on déduit que le rayonnement global en été est le plus réduit au niveau de la station n°1 au moment où la rayonnement direct est carrément nul à cet endroit alors que la température de l'air (Ta) et la Tmrt sont les plus élevées (voir figures n°30 et 31 ci-dessus).

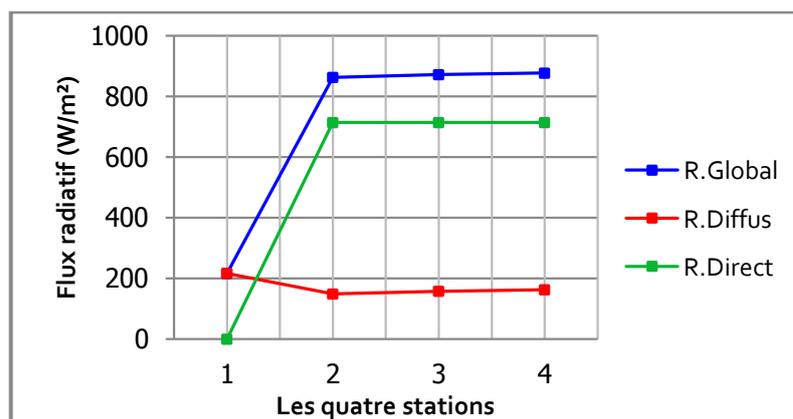


Figure n°34: Différents flux radiatifs en été au niveau des 4 stations
Le 21 Juin 2014 à 12h00

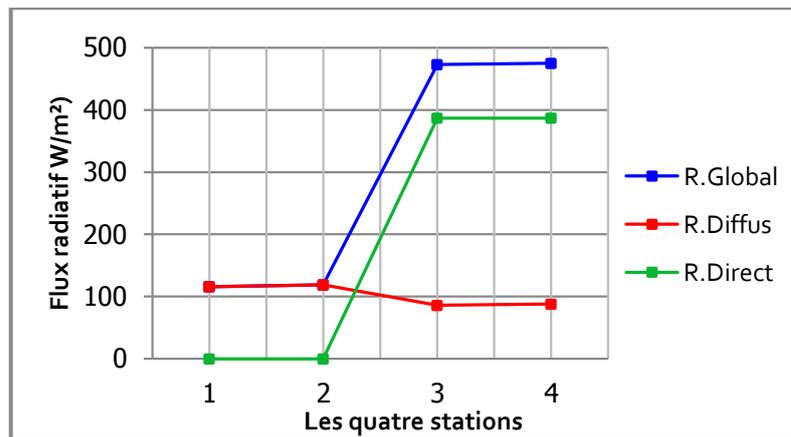


Figure n°35: Différents flux radiatifs en hiver au niveau des 4 stations
Le 21 Décembre 2014 à 12h00

Cette conclusion est expliquée par l'existence d'une assez grande multi-réflexion (Figure n°36) à la station n°1 où la rue est très étroite et ne dépasse pas 4m de largeur.

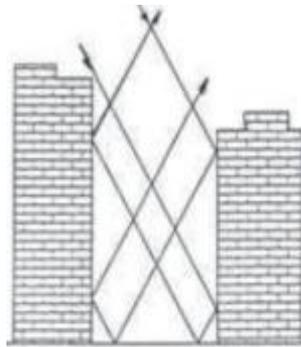


Figure n°36 : Phénomène de multi-réflexion
Source : Claire Greuillet et Laurence Galsomiès, 2013

Ce phénomène caractérisant notamment les rues de type « Canyon » est d'ailleurs mis en valeur par plusieurs recherches entre autres celle de **Claire Greuillet et Laurence Galsomiès (2013)** dans laquelle on a avancé que certaines formes géométriques dans la structure d'une ville amplifient le piégeage radiatif, notamment les rues canyons très fréquentes dans les villes européennes. Sous un climat chaud, une ville dense avec des rues étroites (type médina) apporte en principe un meilleur confort thermique en été, toutefois, il existe toujours le risque que cette étroitesse soit la cause de l'apparition du phénomène de multi-réflexion. Dans ce cas, il est important d'exploiter l'atout de la bonne orientation des rues afin d'évacuer la chaleur piégée.

3.3. Effet de l'orientation sur la Tmrt :

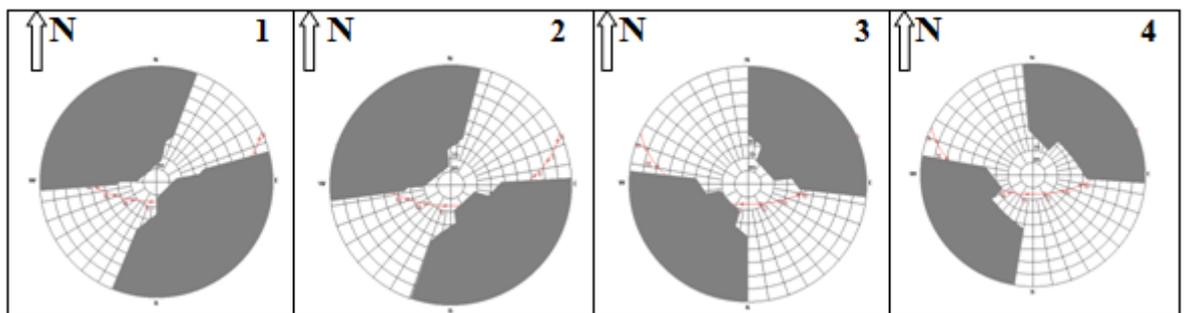
L'orientation de la rue est certainement importante et son effet est considérable sur l'ambiance thermique extérieure et par conséquent sur le confort thermique des usagers. Une recherche menée par Fazia Ali Toudert en 2007 a également démontré l'effet considérable de toutes les orientations pratiquement sur l'ambiance thermique de la rue et ceci en zone sub_tropicale.

L'orientation définit le degré de l'accès du soleil et celui d'exposition aux mouvements de l'air . Toutefois, il est à noter que les quatre stations objet de cette investigation ne sont exposées au soleil que pendant une durée limitée voir négligeable pendant la journée. La figure n°37 montre l'ouverture au ciel des quatre stations mais d'une façon isolée ceci dit sans prendre en considération les obstacles et masques limitrophes. La lecture de la course solaire en été est traduite comme suit :

4. Les stations n°1 et 2 définissent une rue orientée NE-SO et sont exposées au soleil durant environ 3 h de l'après midi en moyenne où la hauteur solaire diminue de plus en plus.
5. Les stations n°3 et 4 sont situées dans une rue orientée NO-SE et sont exposées au soleil durant pratiquement 4h de la matinée.

Ainsi, en prenant en compte les différents obstacles construits , on constate que ces durées vont encore se rétrécir pour devenir presque négligeable.

Quant à l'exposition aux vents. Il est à préciser que le site abritant ce lotissement consiste en un versant complètement à l'abri des vents d'été et d'hiver.



1.

Figure n°37 : Ouverture au ciel et orientation des quatre rues abritant les quatre stations 1,2,3,4

4- Définition d'un indicateur
morpho-climatique de densité en rapport avec:
H, L, SVF, COS et CES :

En revenant à l'aspect réglementaire de l'occupation du sol relative à l'habitat individuel, et puisque l'approche a été entamée en considérant que le COS et le CES sont deux indicateurs de densité urbaines fortement liés l'un à l'autre à travers la réglementation urbaine en vigueur, il est à rappeler que le COS qui est un indicateur de densité verticale possède plus d'effet sur le microclimat urbain que le CES. En se basant sur cette déduction, et puisque le COS (comme le CES d'ailleurs) est un concept fictif et sans unités, il a été question de le lier à un paramètre géométrique réel et quantifiable qui n'est autre que la hauteur des constructions (H) exprimée en mètres (m). Cette dernière se trouve (et ceci à travers les recherches microclimatiques ancienne et récente) combinée le plus souvent avec la largeur de la rue (L) ou de l'espace urbain en général.

C'est ainsi que le concept de prospect (H/L) fût intégré à cette réflexion. Le prospect ayant à son tour un impact prouvé sur le contrôle du microclimat urbain influe directement sur le facteur d'ouverture au ciel (SVF). On a procédé enfin à une combinaison de formules mathématiques qui nous a permis de déduire la relation empirique pouvant rassembler l'ensemble de ces paramètres géométriques.

Ainsi, cette conclusion qui concerne la mise en place d'un indicateur morfo-climatique de densité vise en réalité la mise en application d'un outil réglementaire qui permet de calculer le SVF sur la base du COS et du CES. La valorisation du SVF au lieu du prospect est basée sur le fait qu'il est le plus exploité au niveau des recherches spécialisées en matière du microclimat urbain en l'occurrence: l'ensoleillement, la ventilation et le confort thermique extérieur des usagers notamment quant aux phases de modélisation et de simulations numériques.

Cette réalité permet certainement de trouver des solutions pour l'amélioration des microclimats urbains en fixant des paramètres pour faire varier d'autres.

Le résultat est donc résumé en ce qui suit:

En partant de l'équation précédemment citée qui stipule que:

- $COS = CES * n$ (Voir chapitre I page 32).

Où : "n" est le nombre de niveaux d'une seule construction (ex: une construction en RDC+2 implique un nombre de niveaux égale à 3)

On a conclu que:

- $COS = CES * H/h$

Où : "H" est la hauteur d'une seule construction exprimée en mètres

"h" est la hauteur d'un seul niveau exprimée en mètres

D'autre part, on a l'équation suivante :

- $SVF = \cos \beta$(Voir chapitre IV page 155) (Mohamed Mraissi, 2003)
- (Figure n°38)

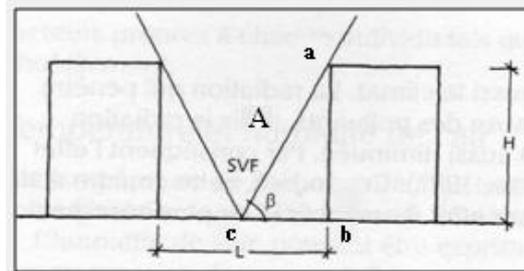


Figure n°38 : Paramètres géométrique caractérisant une rue et la méthode de calcul du SVF

Considérant que $l = L/2$, h : la hauteur moyenne d'un étage et que A : est l'hypoténuse du triangle abc, on aura donc l'équation géométrique de Pythagore qui indique que :

$$H^2 + l^2 = A^2 \dots\dots\dots(\text{Equ n}^\circ 1)$$

Ce qui implique que :

$$A = (H^2 + l^2)^{1/2}, \text{ et vu que:}$$

$$SVF = \cos \beta$$

$$SVF = \frac{L}{2 * \sqrt{H^2 + l^2}} \dots\dots\dots(\text{Equ n}^\circ 2)$$

Sachant qu'on a pu définir précédemment des limites de L et H pour arriver à un confort thermique extérieur, on peut aisément définir également une limite du SVF à travers l'équation n°2.

Et en sachant que :

$$H = \frac{COS * h}{CES}$$

On aura donc :

$$SVF = \frac{L}{2 * \sqrt{\frac{COS * h^2}{CES^2} + l^2}} \dots\dots\dots(\text{Equ n}^\circ 3)$$

Ainsi, l'équation n°3 est à deux inconnus qui sont le COS et le CES, une fois le SVF connu, il sera facile de déduire la valeur du COS en fixant la valeur du CES.

Enfin, est définie une relation empirique qui lie le SVF aux deux indicateurs de densité : le COS et le CES (Equation n°4), et également aux paramètres géométriques du cadre bâti à savoir H : la hauteur d'un bâtiment, L : la largeur de la rue (Equation n°3). D'un autre côté, le SVF est connu

chez les scientifiques dans le domaine de la climatologie urbaine par son impact certain sur l'ambiance thermique des espaces extérieurs (**Oke T.R, 1982**) ainsi que le confort thermique, de ce fait, il est considéré comme un indicateur morpho-climatique de densité par excellence. Le SVF est donc en mesure de combiner la morphologie urbaine avec les performances climatiques et environnementales des formes urbaines.

Conclusion

L'habitat individuel tel qu'il est conçu en Algérie et tel qu'il est géré par la réglementation urbaine Algérienne en vigueur mérite une attention particulière de la part des acteurs du fait urbain vu qu'il est premièrement la typologie d'habitat la plus convoitée par la grande majorité de la population, et surtout car l'image générale que donne l'aménagement et la conception de nos cités d'habitat individuel reste dans la nécessité d'une démarche spéciale en matière de principes réglementaires de planification urbaine et de gestion spatiale.

L'analyse morphologique et microclimatique de notre cas d'étude au niveau du présent chapitre nous a aidé à rapprocher des notions morphologiques voire géométriques qui sont : le CES (net), le COS (net), le lotissement, la parcelle, l'implantation des constructions les unes par rapport aux autres, au contexte environnementale et climatique à savoir: le microclimat urbain, le bilan radiatif, le confort thermique...etc. Cette combinaison entre les deux dimensions nous a dévoilé un champ d'investigation assez important qui est celui de la réglementation urbaine environnementale voire climatique.

Au niveau du lotissement objet de cette investigation, et suite à un travail de terrain exhaustif, puis après avoir exploité plusieurs modèles de simulation en micro-climatologie urbaine, il a été déduit que l'impact du CES(net) n'est pas significatif en le comparant avec celui du rapport H/L car si la température de l'air et aussi la température moyenne radiante en été diminuent considérablement après augmentation du CES(net) des différents lots en gardant une hauteur moyenne des constructions égale à 12m, et si ces mêmes températures augmentent d'une façon remarquable en hiver. Ceci, bien qu'il a été justifié précédemment prouve l'impact considérable de la troisième dimension des lots exprimée par le degré d'ouverture au ciel SVF, traduit à son tour par le rapport H/L .

Néanmoins, et vu la diversité climatique existante dans notre pays et même dans le monde, intervenir en matière de réglementation urbaine climatique demeure une opération qui ne peut être généralisée et de ce fait, chaque région aura sa propre réglementation.

- Le COS, bien qu'il donne une idée sur l'élévation du bâti, il reste différent de la hauteur de la construction.
- Le CES est différent de la surface de l'emprise bâtie
- Nécessité d'accentuer la réflexion sur les indicateurs de densité CES et COS nets et non bruts ou bien moyens. Ceci dit que l'intérêt qu'on doit leur prodiguer arrive jusqu'à la parcelle à bâtir. Ainsi, tous les paramètres morphologiques et géométriques sont pris en compte avec la plus grande précision possible.

- Les deux indicateurs de densité CES et COS doivent être réfléchis à une échelle « Micro ». Ceci dit que le fait de proposer un CES ou un COS fixe pour toute une zone, ou pour toute une typologie d'habitat qu'il soit situé à n'importe quel endroit du territoire n'a plus aucun sens face à une volonté de vouloir améliorer les conditions environnementales et microclimatiques urbaines. L'intégration de la dimension microclimatique au niveau de la réglementation urbaine nécessite donc des interventions ponctuelles. De ce fait, il est recommandé que l'ensemble du règlement des POS devra être joint d'un règlement annexe précisant le processus et la méthode à suivre afin d'une intégration des différents paramètres environnementaux. Le POS devra en effet ouvrir le champ aux intervenants sur les différents actes d'urbanisme pour qu'ils puissent agir avec plus de liberté à des fins environnementales et écologiques. Dans tous les cas, toute concrétisation de cette nouvelle vision devra se baser sur des cahiers des charges détaillés conçus par une équipe spécialisée et qui doivent accompagner tout permis de construire ou de lotir.
- L'évaluation d'un microclimat urbain dans le but de définir les formes urbaines adéquates ne peut en aucun cas être basée sur les données météorologiques. Ainsi, et si ces données météo restent une référence de comparaison notamment dans le domaine de la météorologie urbaine, certaines spécificités des villes telles que la topographie et le relief rendent non fiables la classification des climats faite par les stations météo. Pour cela des investigations in situ s'imposent.

CONCLUSION GENERALE
&
RECOMMANDATIONS

Conclusion générale & recommandations:

- Conclusion générale :

Une thématique aussi bien compliquée que difficile fût abordée. Il s'agit d'un sujet d'actualité qui concerne tout un groupe d'acteurs et une variété de disciplines et de spécialités. La morphologie urbaine n'est pas simple en elle-même. Elle est un système d'interactions multiples entre des modes d'occupation du sol dans les deux sens horizontal et vertical qui font naître un autre système de formes, de volumes, de retraits, de contiguïté, d'alignement, de pleins et de vides. Tissu urbain compact et un autre aéré, typologies d'habitat différentes et parfois d'une grande ressemblance. La morphologie urbaine est une discipline dont la complexité a été redécouverte à travers cette recherche qui s'est accentuée également sur la dimension climatique de l'espace urbain. Le climat urbain en lui-même est un phénomène complexe. En effet, cette démarche nous a imposé dès le début la mise en place d'une problématique ciblée et assez pointue. Deux mots clé apparaissent : Densité urbaine et microclimat urbain.

Un autre volet de la recherche s'est imposé par la force de la réalité de la pratique urbaine. Il s'agit de la réglementation urbaine. Des textes entiers ont été fouillis et des clauses ont fait l'objet d'interprétation et dont certaines étaient claires mais beaucoup d'autres sommaires et indirectes. La recherche de la dimension environnementale et climatique entre les lignes de la loi 90-29 relative à l'aménagement et l'urbanisme ainsi que les différents décrets exécutifs y afférents a fait ressortir certaines prises en compte des paramètres climatiques notamment quant à l'implantation des constructions les unes par rapport aux autres ou bien leur positionnement par rapport aux axes de voies de desserte. Ainsi, certains articles abordent la question d'ensoleillement et pour cela, ils fixent des hauteurs de constructions par rapport à la largeur de la rue. Si ces précisions marquent un côté positif de la réglementation urbaine en vigueur, il reste toutefois, intolérable d'adopter une réglementation urbaine climatique standard pour l'ensemble du territoire national s'étalant sur une côte de plus de 1200km et sur environ 4000km en profondeur. Se situant ainsi entre 12°E et 8°O de longitude et entre 20° et 38°N de latitude, l'Algérie abritent une variété de zones climatiques et des reliefs très diversifiés et des paysages assez contrastés. Donc, et au moment où les chercheurs recommandent à titre indicatif la conception de tissus compacts dans les zones chaudes, on se trouve face à des orientations figées ne prenant en compte aucun aspect environnemental réel. Afin de mettre fin à cette défaillance, on conclut qu'il est important de laisser à la portée des aménageurs et intervenants, qu'ils soient maîtres d'œuvre ou maîtres d'ouvrage le soin d'adapter les clauses de ces textes aux conditions climatiques de la région concernée et de pouvoir proposer une réglementation annexe au projet d'aménagement urbain proposé en prenant en considération les conditions climatiques locales. Cette réglementation annexe pourra consister en une méthode statique et empirique claire et applicable.

D'autre part, il était important de rechercher d'abord les indicateurs de densité cités par la réglementation urbaine en question. Les comprendre tels qu'ils sont définis et évaluer par conséquent leur application sur terrain. La compréhension d'abord morphologique de ces indicateurs est importante et c'est à ce stade qu'on a pu assimiler que la densité urbaine dans la réglementation Algérienne en matière d'urbanisme est l'équivalent des valeurs du coefficient d'occupation du sol « COS » en premier lieu et du coefficient d'emprise au sol « CES » en seconde position. Considérés comme des indicateurs de densité urbaine, le COS et le CES deviennent alors un axe de recherche.

La recherche bibliographique menée a permis de conclure que la tendance la plus récente adoptée pour le traitement d'une telle thématique est la prise en compte du principe d'indicateurs morpho-climatiques. Bien que beaucoup d'indicateurs dans ce sens ont été définis et mis en valeurs par les chercheurs, il reste que chaque approche relative à chaque site d'investigation devra prendre la responsabilité de définir différemment tel ou tel indicateur. Il est bien de noter à titre d'exemple que certains chercheurs abordent la thématique de la densité urbaine dans son contexte global à l'échelle de toute la ville ; d'autres interviennent à une échelle plus détaillée à savoir un fragment de tissus urbain. Néanmoins, et afin de mener une recherche qui diffère de ce que c'est déjà fait et pour pouvoir proposer une nouvelle méthode et une nouvelle approche, on a voulu traiter plusieurs échelles urbaines simultanément en partant de celle de la ville, on est passé par celle d'une entité urbaine pour arriver enfin à l'échelle de la parcelle où l'exactitude est extrême. Elle devient à un mètre près.

L'impact de la densité urbaine qui est traduite par des formes urbaines et des géométries variées sur le microclimat s'avère d'une grande importance car elle contribue considérablement à la régulation de l'ambiance extérieure notamment radiative. Le rôle de la densité urbaine a été pris en considération selon les différentes définitions de celle-ci telles que désignées par les différentes disciplines qui se rassemblent toutes sur le fait que la densité urbaine est l'un des facteurs essentiels causant des effets considérable d'une façon ou d'une autre sur l'environnement.

Après avoir effectué une investigation au niveau de la ville d'Ain Smara, une évaluation de la densité urbaine en se basant sur le COS et le CES bruts à travers l'ensemble des sites d'habitat individuel (Lotissement promotionnels, Habitat évolutif et Habitat préfabriqué) a aboutit à un résultat important. Aucun rapport n'est signalé entre les deux indicateurs quant à leur paramètres géométriques mais aussi aucune relation n'a été constatée entre COS/microclimat et CES/microclimat. A préciser que le paramètre microclimatique pris en compte plus que les autres est la température de l'air. Cette déduction nous a incités à élargir notre méthode à la recherche d'autres facteurs qui font varier cette température. C'est ainsi qu'on est passé à une autre échelle

d'investigation en choisissant un lotissement d'habitat individuel pour plus d'exactitude. On a constaté qu'à cette échelle existe un effet remarquable des deux indicateurs sur la température de l'air sauf que l'effet du COS est plus important que le celui du CES. Etant un descripteur vertical dit aussi "de hauteur", le COS prête son effet d'un autre paramètre qu'il a fallu chercher. C'est pourquoi, on est passé à une échelle de détail qui consiste en un lot de terrain situé au même lotissement et abritant une construction type.

Donc c'est là qu'on a procédé à la prise de mesure des hauteurs des constructions et des largeurs des rues afin de faire rentrer une nouvelle donnée. La hauteur des constructions exprimée en (m) était plus signifiante que la valeur sans unité du COS. Ainsi le rapport H/L est devenu un nouveau paramètre à détailler. Il est important à ce stade de rappeler que ce rapport possède une grande corrélation avec le facteur de visibilité du ciel « SVF ». À cet effet, le nouvel objectif était de découvrir une relation qui pourra lier le COS et le CES (qui demeurent toujours des indicateurs morphologiques de densité urbaine dictés par le règlement d'urbanisme) aux nouveaux paramètres morphologiques qui sont : le rapport H/L et le SVF.

Une nouvelle phase de la recherche a commencé qui est celle d'évaluer l'effet de l'H/L et par conséquent du SVF sur le microclimat. L'impact est considérable. Ensuite on a pensé à trouver une relation empirique entre tous ces paramètres géométriques. L'idée était de démarrer d'une combinaison de relations mathématiques et géométriques pour arriver enfin à une équation mathématique rassemblant : COS, CES, H/ L, SVF. Le SVF est considéré ainsi comme nouvel indicateur morpho-climatique de densité urbaine. L'effet important du facteur de visibilité du ciel sur le microclimat urbain y compris la température des surfaces et de l'air n'est pas nouveau. Et le fait qu'il soit considéré comme indicateur microclimatique est également déjà adopté par les chercheurs, cependant, l'intérêt de la présente recherche réside dans le fait que le SVF soit attaché à des indicateurs morpho-climatiques définis par une réglementation urbaine officielle. Ces indicateurs à savoir le CES et le COS ont pris leur part d'analyse, de constat, d'investigation, d'évaluation et de simulation. Ensuite, une réflexion détaillée et hiérarchisée nous a mené (comme il a déjà été expliqué ci-dessus) à introduire le SVF d'une façon nouvelle et différente de toute autre recherche.

Enfin, Pour un climat semi aride tel que celui de la ville d'Ain Smara, on a tendance habituellement à densifier les tissus urbain afin de minimiser l'accès du soleil en été. Cette densification devrait se baser sur l'augmentation de la hauteur des constructions et réduire la largeur des rues. En hiver cette stratégie est censée être aussi bénéfique à condition de protéger l'axe de la voie des vents froids. Toutefois, Cette hypothèse de recherche n'a pu être vérifiée lors de notre recherche menée à la ville d'Ain Smara. L'impact du rapport H/L sur l'ambiance thermique

extérieure est certes important, cependant, il est constaté que lorsque ce rapport augmente la température aussi augmente en été et vis versa et ceci en été ainsi qu'en hiver. Ainsi l'effet canyon dans ce cas joue le rôle de piège de chaleur. Ce résultat certainement inattendu nous a imposé une reprise de la campagne de mesure une deuxième fois pour l'ensemble de la ville et une troisième fois à l'échelle du lotissement promotionnel objet du cas d'étude n°2. Or, les résultats ont été exactement les mêmes. D'autre part, il est à préciser que la vitesse du vent au niveau des différentes stations de mesure est pratiquement négligeable, en plus qu'elles ont toutes une orientation qui varie du (Nord-Est/Sud-Ouest) au (Nord-Ouest/Sud-Est) ce qui les rend exposées aux mêmes conditions d'ensoleillement. Ainsi, ceci nous oriente vers le fait que l'ambiance thermique à ces endroits est affectée par des paramètres plutôt géométriques.

En passant à l'échelle d'une entité urbaine qui consiste en un lotissement d'habitat individuel promotionnel, on a traité la notion de COS et de CES moyen net. Or, en arrivant à l'échelle de la parcelle, ces deux indicateurs ont été abordés dans leur sens purement net. Deux types d'analyse ont été menées : une analyse morphologique et une seconde d'ordre morpho-climatique. Les deux approches ont permis de diagnostiquer et d'investiguer les différentes interactions qui existent entre les paramètres morphologiques basés sur une géométrie urbaine détaillée et exacte et d'autres microclimatiques. La notion de confort thermique est abordée à cette échelle de recherche sur la base de l'indice de confort thermique : La température moyenne radiante « T_{mrt} ». Le SVF, étant considéré comme indicateur morpho-climatique de densité en rapport avec le COS et le CES, sa corrélation avec le confort thermique extérieur a été donc vérifiée. En se basant sur la limite de confort notamment estivales de l'ordre de 48°C de température moyenne radiante, le SVF pourra donc être fixé en moyen de simulation numérique pour passer ensuite à l'équation mathématique induite lors de cette recherche afin de fixer des paramètres géométriques et déduire d'autres.

En abordant la notion du confort thermique extérieur, on a eu recours à la température moyenne radiante (T_{mrt}). L'importance de cet indice fût prouvée jusqu'à le considérer comme principal indice de confort thermique des espaces extérieurs comme il a déjà été affirmé au niveau du chapitre N° V de la présente recherche. On a conclu enfin que plus le SVF augmente moins sera la T_{mrt} et plus on se rapproche à la limite de confort thermique en été comme en hiver.

Enfin, et en plus des résultats précédents, il a été déduit ce qui suit :

- Le COS, bien qu'il soit considéré comme descripteur de la troisième dimension du bâti, il reste différent de la hauteur de la construction. Ainsi, il est important de le lier à une dimension quantifiable pour une meilleure maîtrise.

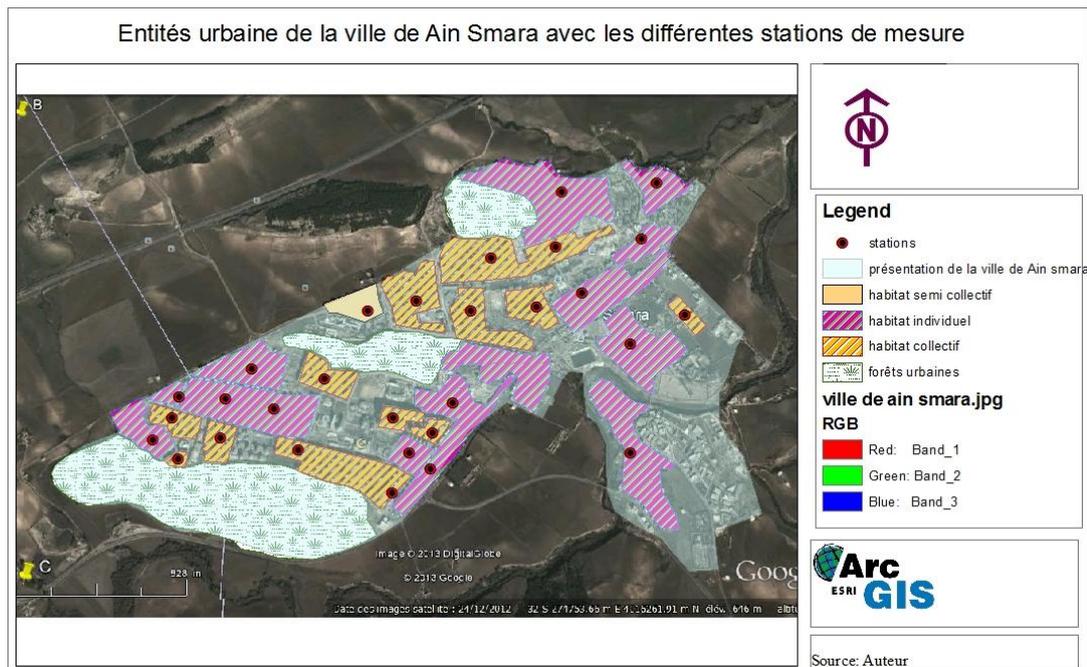
- Le CES est également différent de la surface de l'emprise bâtie. Ces deux paramètres présentent de grandes confusions chez certains.
- Nécessité d'accentuer la réflexion sur les indicateurs de densité CES et COS « nets » et non « bruts » ou non plus « moyens ». De ce fait, chaque parcelle de terrain destinée à une construction individuelle devra faire l'objet d'une étude morpho-climatique à part. le rôle du permis de construire reste considérable dans la mesure où il dicte les orientations générales du lotissement en matière d'ouverture de voies, des réseaux divers, de la définition du parcellaire, de l'accessibilité...etc., toutefois, et en ce qui concerne les droits à construire à savoir le CES, le COS et la hauteur des constructions, chaque lot individuel est à traiter à part.
- Les deux indicateurs de densité CES et COS doivent être réfléchis à une échelle « Micro ». Ceci dit que le fait de proposer un CES ou un COS fixe pour toute une zone, ou pour toute une typologie d'habitat n'est pas significatif.
- Des mesures in-situ des paramètres microclimatiques est indispensable avant toute conception urbaine climatique. Ceci dit que les données météorologiques restent sommaires et ne peuvent être exploitées que pour des objectifs précis.
- Il est recommandé le recours à la modélisation et aux modèles de simulation après leur validation et ceci afin d'enrichir la réflexion par plusieurs variantes d'aménagement voire plusieurs solutions. Le champ devra donc s'ouvrir aux urbanistes dans le domaine de la modélisation et de la simulation numérique ainsi que celui du développement des modèles et programmes locaux dans le but de pouvoir tester et évaluer leurs propositions d'aménagement. Plusieurs outils d'aide à la décision sont également disponibles entre autres les système d'information géographique (SIG), qui ne cessent de se développer et de progresser. Cette nouvelle tendance et ces nouvelles technologie sont actuellement en mesure d'assister les techniciens dans tous les domaines afin de pouvoir prévoir les difficultés et anticiper ainsi la mise en place des solutions.

- **Recommandations :**

La présente recherche ouvre le champ à plusieurs réflexions et axes de recherche. Ainsi, et lors du déroulement du travail, il s'avère intéressant (pour des travaux futurs) de procéder à une investigation globale couvrant toute la ville en se basant sur les photos satellitaires et aériennes ainsi que sur le système d'information géographique (SIG) comme outil de modélisation. L'objectif pourra alors s'accentuer sur la densité urbaine et son impact sur le phénomène de l'îlot de chaleur urbain (ICU) vu que ce phénomène microclimatique devra impérativement être étudié à l'échelle de l'agglomération. Une fois cette étape accompli, il sera efficace de passer à l'échelle des quartiers.

Cette approche est censé être préliminaire et pour cela, sera offerte l'occasion d'analyser et d'évaluer la densité urbaine de toutes les typologie d'habitat.

Pour cela, il est utile de rappeler que la thématique spécifique à cette présente recherche reste également à traiter pour la typologie d'habitat collectif et même semi-collectif ce qui était d'ailleurs la vision de ce travail tout à fait à ses débuts. A préciser dans ce sens que toute une investigation sur terrain s'est faite et accompli à propos de l'habitat collectif et semi collectif en plus de l'habitat individuel (Voir figure ci-dessous) ce qui offre d'ailleurs une plate forme de démarrage prête pour de nouvelles recherches..



Toutefois, il est recommandé d'évaluer l'effet des deux indicateurs CES et COS sur le microclimat pour l'habitat collectif dans leur contexte "Brut" du fait de l'ambigüité de la notion de parcellaire dans ce cas et qu'elle est souvent liée à celle de l'îlot (Voir figures ci-dessous).



D'autre part, l'adoption d'indicateurs "Bruts" lors de la projection de cette thématique sur l'habitat collectif et semi collectif, est justifiée aussi par le manque d'exactitude lors du calcul du "COS" qui est basé sur la somme des planchers d'immeubles collectifs. Ces derniers considérés le plus souvent comme la multiplication de l'emprise bâti par le nombre de niveaux engendrent souvent des résultats qu'on qualifie de "Brut" soit parce qu'on intègre dans le calcul

certaines surfaces non habitables, ou bien parce qu'on néglige le fait que les plans des différents niveaux ne sont pas parfois identiques. De ce fait une autre recommandation est mise en place qui dicte que la densité urbaine basée sur la recherche d'indicateur morpho-climatique au niveau de l'habitat collectif devra de préférence basée sur la géométrie urbaine des immeubles exprimée en mètre au lieu du CES et du COS.

Enfin, il est vivement recommander d'adopter la démarche de certification des projets notamment urbains par le biais des différents outils et labels agréés et reconnus mondialement à l'exemple du LEED (**L**eadership in **E**nergy and **E**nvironmental **D**esign). Cette nouvelle vision permet de valoriser les résultats des travaux de recherche et dépasser ainsi la phase de la théorie.

BIBLIOGRAPHIE
ET
REFERENCES

Bibliographies et références:

1. Articles:

1. **ADOLPHE. L.** *A simplified model of urban morphology: application to an analysis of the environmental performance of cities*, environment and Planning B: Planning and Design , 2001, 28:183-200.
2. **AIDA M AND GOTH, K.** (1982), *Urban albedo as a function of the urban structure- A two dimensional numerical simulation*, Boundary layer meteorology, 1982, 23,11:415-424
3. **AIDA. M.** *Urban albedo as a function of the urban structure, A two dimensional numerical simulation*, Boundary Layer Meteorology, 1982, 23: (Part 1), 405-413, (and Part 2), 415-424.
4. **ALAOUI SOSSE JIHAD AND MOHAMED TAHIRI**, *Analysis of canyon aspect ratio impact on Urban Heat Island and buildings energy consumption in Fez climatic zone, Morocco*, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2016, Vol 11, N°5, 3059-3073.
5. **ALI-TOUDERT. F AND MAYER. H.** *Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate*, Building and Environment, 2007,42,4:1553–1554.
6. **ALKAMA DJAMEL ET TACHERIFT ABDELMALEK.** *Essai d'analyse typomorphologique des noyaux urbains traditionnels dans la région des zibans*, Courrier du Savoir, Novembre 2001, 01:81-88.
7. **ARNFIELD. A.J.** *An approach to the estimation of the surface radiative properties and radiative budgets of cities*, Physical Geography, 1989, 3:97-122
8. **ARNFIELD. A.J.** *Canyon geometry, the urban fabric and nocturnal cooling, a simulation approach*, Physical Geography, 1990, 11,3:220-239.
9. **ARNFIELD. A.J.** *Street design and urban canyon solar access*, Energy and building,1990,14:117-131.
10. **ASAEDA, T ET CA, V.T.** *Characteristics of permeable pavement during hot summer weather and impact on the thermal environment*, Building and Environment, 2000, 35:363-375.
11. **ASAEDA. T ET CA. V.T.** *The subsurface transport of heat and moisture and its effect on the environment, a numerical model*, Boundary-Layer Meteorology, 1993, 25:159-173.
12. **B. NOUIBAT ET A. TACHERIFT.** *L'occupation optimale du sol urbain a l'habitation individuelledans les régions arides " villes maghrébines et orientales, cas d'étude : Bou-Saada "*, Sciences & Technologie, Juin (2007), 25:50-64
13. **BERKOWITZ. R.** *A parametrised street pollution model*, Environmental Monitoring and Assessment, 2000, 65:323-331.

14. **BLOCKEN. B AND CARMELIET J.** *Pedestrian wind environment around buildings: Literature review and practical examples*, Journal of Thermal Envelope and Building Science, 2004, 28,2:107-159.
15. **BREHENY. MICHAEL.** *The compact city and the transport energy consumption*, Transactions of the institute of British Geographers, New series, 1995, Vol 20, 1: 81-101
16. **C. MOULINIE. M ET NAUDIN-ADAM,** *Appréhender la densité*, Revue de l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région d'île- de-France : Note rapide sur l'occupation du sol n°383, Juin 2005.
17. **CLAIRE GREUILLET ET LAURENCE GALSOMIES.** *L'îlot de chaleur urbain et le lien avec la qualité de l'air*, pollution Atmosphérique - Numéro spécial, 2013,163-172
18. **DAVID GUERANGER,** *Un outil qui résiste à sa réforme, le COS et sa carrière dans le plan local d'urbanisme de Paris*, Environnement urbain, V3, 2009, 1-9
19. **DESJARDINS. XAVIER.** *Les chiffres des effets de la hausse du prix des carburants sur la mobilité des Américains. Le prix de l'essence, révélateur de tendances lourdes ?*, Transports Urbains, Décembre 2008, 114:34-35
20. **DR. MARTINE.** *Ville et climat*, Institut de géographie, Université de Lausanne, Revue vues sur la ville, 2008, n°21.
21. **EDWARD. NG.** *Policies and technical guidelines for urban planning of high-density cities –air ventilation assessment (AVA) of Hong Kong*, Building and Environment, Accepted 8 June 2008.
22. **ELIASSON. I.** *Energy and water, and the urban heat island*. International Journal of Climatology, 2003, 23:1–26.
23. **ELIASSON. I.** *Urban Geometry, surface temperature and air temperature*, Energy and buildings, 1991, 15,16:141-145.
24. **ERIK JOHANSSON.** *Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate : A study in Fez, Morocco*, science direct, accepted 13 May 2005
25. **F. BOURBIA AND F. BOUCHERIBA.** *Impact of street design on urban microclimate for semi arid climate (Constantine)*, Renewable Energy, 2010, 35:343-347
26. **F. BOURBIA AND H.B. AWBI.** *Building cluster and shading in urban canyon for hot dry climate Part 1: Air and surface temperature measurements*, Renewable Energy, 2004, 29:249–262
27. **F. OLIVEIRA ET S. MOREAU.** *Confort thermique ressenti, Analyse de campagnes expérimentales 2005–2006*, ENCAPE, 2007, 07,088: 6–8.
28. **FAZIA.ALI-TOUDERT AND HELMUT. MAYER,** *Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation, of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate*, Building and Environment, accepted: 4 January 2005.
29. **GALLEZ.CAROLINE ET HIVERT.LAURENT.** *Qui pollue où ? Analyse de terrain des consommations d'énergie et des émissions polluantes de la mobilité urbaine*, Transports Urbains, 1995, 89:15-22.

30. **GAO. W, SUGIYAMA. H ET OJIMA. T.** *Field study of effect of street and its trees on thermal environment of sidewalks.* Journal of Architecture and Planning Environment Engineering, 1995, 469:53-64.
31. **GHIAUS. C, ALLARD. F, NICOL. F, SANTAMOURIS. M ET GEORGAKIS. C,** *Urban environment influence on natural ventilation potential,* Building and environment, 2006, 41:395-406.
32. **GOLANY. G.** *Urban design morphology and thermal performance,* Atmospheric Environment, 1996, 30,3:455-465
33. **GRIMMOND. C AND OKE.T.R.** *Heat storage in urban areas, local-scale observations and evaluation of a simple model,* J. Appl, Meteorol, 1999, 38:922-940.
34. **GRIMMOND. C.S.B ET AL.** *Rapid methods to estimate sky- view factors applied to urban areas,* International journal of Climatology, 2001, 21:903-913.
35. **GRIMMOND. C.S.B. ET OKE. T.R.** *Aerodynamic properties of urban areas derived from analysis of urban form,* Journal of Applied Meteorology, 1998, 38:1262-1292.
36. **GRIMMOND. C.S.B. ET SOUCH. C.** *Surface description for urban climate studies, a GIS based methodology,* Geocarta International, 1994, 1:47-59.
37. **GRIMMOND.C.S.B, CLEUGH.H.A, ET OKE.T.R.** *An objective urban heat storage model and its comparison with other schemes,* Atmos.Environ, 1991, 25:311-326.
38. **GROLEAU.D. ET AL ET GROUPE A.B.C.** *Morphologie, végétal et microclimats urbains, Cas d'Aix-en-Provence et de Nîmes,* Tome2, les mesures , Plan urbain, Ministère de l'Equipement, 2003, 131-133.
39. **HUNTER. L, J. JHONSON, G.T ET WATSON.I.D.** *An investigation of the three-dimensional characteristics of flow regimes within the urban canyon,* Atmospheric Environment, 1992, 26,4:425-432.
40. **HUSSAIN H. ALZOUBI AND ABDUSALAM A. ALSHBOUL.** *Low energy architecture and solar rights: Restructuring urban regulations, view from Jordan,* Renewable Energy, 2010. 35:333-342
41. **KHALISSA HAMEL AND SAID MAZOUZ,** *The compact city: an urban path towards sustainability in arid areas, Sustainable Construction, Materials and Practices - Challenge of the Industry for the New Millennium,* Portugal, 2007, 650 – 657.
42. **KINOUCHI. T. ET AL.** *A comparative study of thermal environment indices for exterior space in summer,* Civil Eng, 1996, 38:32-37.
43. **LARWANOU MAHAMANE ET AL.** *Détermination du degré d'aridité bioclimatique de sept localités du département de Tillabéri (sud-ouest du Niger) : Classement en zones bioclimatiques,* Sécheresse, 2005, 16:107-114.
44. **LIMOR. SHASHUA-BAR ET MILO E. HOFFMAN,** *Quantitative evaluation of passive cooling of the UCL microclimate in hot regions in summer, case study: urban streets and courtyards with trees,* Building and Environment, 2004, 39:1087–1099.
45. **LINDBERG. F AND GRIMMOND.C. S. B.** *Continuous sky view factor maps from high resolution urban digital Elevation models,* Climate Research, 2010, 42,3:177–183

46. **LIPFERT. F.W, COHEN, S. DUPUIS. L.R AND PETERS. J.** *Relative humidity predictor equations based on environmental factors*, Atmos, Environ, 1991, 25:435-441.
47. **LOWRY. W. P.** *Empirical estimation of urban effects on climate: a problem analysis*, Journal of Applied Meteorology, 1977, 16:129.
48. **MASSON. V.** *A physically-based scheme for the urban energy balance in atmospheric models*. Boundary Layer Meteorology, 2000, 94:90-109.
49. **MATZARAKIS AND H. MAYER.** *Dependence of the thermal urban climate on morphological variables*. Ber. Meteor. Inst. Univ. Freiburg, 2008, 17:129–139.
50. **MATZARAKIS. A, RUTZ. F AND MAYER. H.** *Modelling radiation fluxes in simple and complex environments – application of the RayMan model*, International Journal of Biometeorology, 2007, 51,4:323–334
51. **MAYER. H, HOLST. J, DOSTAL. P, IMBERY. F AND SCHINDLER. D.** *Human thermal comfort in summer within an urban street canyon in Central Europe*, Meteorologische Zeitschrift, 2008, 17,3:241–250
52. **MAYER.H ET HOPPE.P.** *Thermal comfort of man in different urban environments*. Theoretical and applied climatology,1987,38-43.
53. **MESTAYER. P.G ET ANQUETIN. S.** *Climatology of cities. In Diffusion and Transport of pollutants in atmospheric Mesoscale Flow Fields*, A. Gyr et F.S. Rys editors, ERCOFTAC Series, Kluwer Academics Press, 1994, 165-189.
54. **MILLS. G.M.** *Simulation of the energy budget of an urban canyon. I, II.* Atmospheric environment. Serie B, 1993, 27,2:171-181.
55. **NAJJAR. G ET AL,** *Bilans radiatif et d'énergie dans un canyon urbain*, Annales de l'Association Internationale de Climatologie, 2005, 2:41-54
56. **NELSON.A.C.** *Leadership in a new area*, Journal of the American Planning Association, 2006, 72:393-409.
57. **NEWMAN. PETER, KENWORTHY, JEFFREY ET VINTILA. PETER.** *Can we overcome automobile dependence? Physical Planning in an Age of Urban, Cynism, Cities*, vol 12, 1995, 01:53-65.
58. **NEWMAN. PETER, KENWORTHY, JEFFREY.** *Gasoline consumption and Cities: a comparison of U.S, Cities with a global survey*, Journal of the American planning association. 1989, 55:24-37.
59. **NEWMAN. PETER, KENWORTHY. JEFFREY.** *Cities and Automobile Dependence: A sourcebook*, Gower, Adelshot and Brookfields, Victoria, 1989
60. **NG. EDWARD.** *Policies and technical guidelines for urban planning of high-density cities- air ventilation assessment (AVA) of Hong Kong*, Building and Environment, 2009, 44:1478-1488.
61. **NIKOLOPOULOU. M, BAKER. N ET STEEMERS. K.** *Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the Human parameter*, solar energy, Vol. 70, N°3, 2004, 227- 235.

- 62. NORMAN. J, MCLEAN. H.L AND KENNEDY.C.A.** *Comparing high and Low residential density: life-cycle analysis of energy use and greenhouse Gas emissions.* Journal of urban planning and development. March 2006, 10-21.
- 63. NUNEZ. M AND OKE.T.R.** *The energy balance of an urban canyon.* Journal of Applied Météorologie, 1977, Vol 16, n°1, 11-19.
- 64. OKE,T.R.** *City size and the urban heat island,* Atmospheric Environment, 1977, 7: 769-779.
- 65. OKE.T.R.** *Street design and urban canopy layer climate,* Energy and Buildings, 1988, 11:103- 113
- 66. R.L. KNOWLES ET M.N. VILLECCO.** *Solar access and urban form,* AIA Journal, , February 1980, 42–49 and 70.
- 67. RAPHAËLLE. KOUNKOU-ARNAUD ET AL,** *Méthodologie pour la quantification de l'impact d'aménagements urbains sur un climat urbain modifié.* Climatologie, numéro spécial 'Climats et changement climatique dans les villes 2012, 35-62.
- 68. S. HATTAB ET M. ZIANE,** *Le coefficient d'occupation du sol cos et la promotion des techniques modernes de la gestion urbaine -Cas de la ville d'Alger-,* Courrier du Savoir – N°04, Juin 2003, 29-33
- 69. SANTAMOURIS. M, PAPANIKOLAOU. N AND KORONAIIS. I.** *Thermal and air flow characteristics in a deep pedestrian canyon under hot weather conditions.* Atmospheric Environment, 1991, Vol 33, 4503-4521.
- 70. SOLENE. MARRY ET LAËTITIA. ARANTES.** *Étalement et densité : quels enjeux urbains à l'œuvre dans la conception des formes urbaines ?* Observatoire universitaire de la ville et du développement durable, Université de Lausanne, 2014, 175-217
- 71. STEEMERS. KOEN.** *Energy and the city: density, buildings and transport.* Energy and Buildings, 2003, 35:3-14.
- 72. SUHAIL. ZAKHOUR.** *The Impact of Urban Geometry on Outdoor Thermal Comfort Conditions in Hot-arid Region,* Journal of Civil Engineering and Architecture Research, 2015, Vol. 2, 8: 862-875
- 73. SWAID. H.** (1993). *Urban climate effects of artificial heat sources and ground shadowing by buildings,* International Journal of Climatology, 1993, vol. 13:797-812.
- 74. SWAID.H, BAR.E.M ET HOFFMAN.M.E.** *A bioclimatic design methodology for urban outdoor space.* Theoretical and applied climatology 1993,48:49-61
- 75. TERJUNG.W.H. ET O'ROURKE. P.A.** *Influences of physical structures on urban energy budgets,* Boundary layer Meteorology, 1980, 19: 421-439.
- 76. VOOGT.J.A AND OKE, T.R.** *Complete urban surface temperature,* Journal of applied Meteorology, 1997, vol. 26:1117-1132.
- 77. XAVIER. DESJARDINS ET MARIE. LIORANTE.** *Quelle contribution de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire à l'atténuation du changement climatique ?* Revue "Le futur en construction, département d'économie et sciences humaines de l'université paris 1

panthéon-Sorbonne et le laboratoire de sociologie urbaine générative de l' université Paris-Est, 2009.

78.

2. Thèses de doctorat:

1. **ABDOU. SALIHA**, *Investigation sur l'intégration climatique dans l'habitation traditionnelle en régions arides et semi arides d'Algérie, cas du Ksar de Ouargla et de la médina de Constantine*, Thèse de doctorat, université de Constantine, 2004.
2. **AGHARMIOU née RAHMOUNE. NAIMA**. *La planification urbaine à travers PDAU-POS et la problématique de la croissance et de l'interaction Ville-Village en Algérie, référence empirique à la wilaya de Tizi Ouzou*. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 2013.
3. **AHMED OUAMEUR. FOUAD**, *Morphologie urbaine et confort thermique dans les espaces publics. Etude Comparative entre trois tissus urbains de la ville de Québec*, Thèse de doctorat. Université Laval de Québec, 2007
4. **ALI-TOUDERT. FAZIA**, *Dependence of outdoor thermal comfort on street design in hot and dry climate*, Thèse de doctorat, Université de Freiburg, Freiburg, Novembre 2005.
5. **AMÉLIE. PARMENTIER**, *Elaboration d'un outil d'aide à la décision pour atténuer le phénomène d'îlots de chaleur en milieu urbain*, Thèse, Université de Montréal, 2010
6. **BENADJI. AMAR**. *Adaptation climatique ou culturelle en zones arides : cas du Sud-Est Algérien*. Thèse de Doctorat. Université de d'Aix-Marseille1.1999
7. **BENIDIR. FATIHA**. *Urbanisme et planification urbaine, le cas de Constantine*. Thèse de doctorat. Université Mentouri de Constantine. 2007
8. **BOUSSOUALIM. AÏCHA**, *Contribution à la caractérisation de l'impact et de l'incidence du microclimat sur l'usage et les activités en espace public extérieur, étude de cas à Blagnac*, Thèse de doctorat, GRECO, école d'architecture de Toulouse, 2001.
9. **BOZONNET. EMMANUEL**, *Impact des microclimats urbains sur la demande énergétique des bâtiments, cas de la rue canyon*, Thèse de doctorat, Université de La Rochelle, France, 2005.
10. **COLOMBERT. M**. *Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville*, Thèse de Doctorat Université Paris-Est, Spécialité Génie Urbain, 2008.
11. **DANA. TALEB**, *Urban Heat Islands: Potential effect of organic and structured urban configurations on temperature variations in Dubai, UAE*, Thesis, Faculty of Engineering and IT, 2011
12. **DE HATTEN. ANNE**. *Mise en évidence des caractéristiques générales de l'îlot de chaleur urbain Strasbourgeois*. Thèse de maîtrise de Géographie. Université Louis Pasteur de Strasbourg. 2002
13. **FATIHA. BOURBIA**. *Building cluster and shading in hot dry climate*. Thèse de Doctorat. University of reading. 1999

14. **FOURA. SAMIR.** *Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie.* Thèse de doctorat. Université Mentouri de Constantine. 2008.
15. **GLOCKNER. STÉPHANE.** *Contribution à la modélisation de la pollution atmosphérique dans les villes.* Thèse de doctorat. Université Bordeaux1. 2000
16. **HELGE. SIMON,** *Modeling urban microclimate Development, implementation and evaluation of new and improved calculation methods for the urban microclimate model ENVI-met,* Thèse de doctorat, Universität Mainz, 2016
17. **HENON. A,** *Températures mesurées, modélisées et observées par télédétection infrarouge dans la canopée urbaine : modélisation aéro-thermo-radiative des flux de chaleur urbains.* Thèse de doctorat, École centrale de Nantes, 2008.
18. **HINDA. BACHA NESROUCHE,** *Approche écologique - une ville saine pour un développement durable (cas de la ville de Constantine),* Thèse, Université Constantine3, 2007
19. **JEROME. COLIN.** *Définition d'une approche de la modélisation de la rugosité aérodynamique en milieu urbain.* Thèse de maîtrise de Géographie. Université Louis Pasteur de Strasbourg. 2001
20. **JULIEN. BOUYER,** *Modélisation et simulation des microclimats urbains Étude de l'impact de l'aménagement urbain sur les consommations énergétiques des bâtiments,* Thèse de doctorat. Ecole d'Architecture de Nantes, 2009.
21. **KHALED. ATHAMENA,** *Modélisation et simulation des microclimats urbains : Etude de l'impact de la morphologie urbaine sur le confort dans les espaces extérieurs. Cas des éco-quartiers,* Thèse de doctorat. Ecole Centrale de Nantes, 2012
22. **LOUAFI. SAMIRA.** *Impact de la végétation sur la qualité des ambiances thermiques et visuelles dans les espaces publics urbains. Cas des climats semi arides.* Thèse de Doctorat en science. Université Constantine 3. 2013
23. **MOHAMED. BENZERZOUR,** *Transformations urbaines et variations du microclimat : Application au centre ancien de Nantes et proposition d'un indicateur "morpho-climatique",* Ecole d'Architecture de Nantes, 2004.
24. **MOHAMMED WASIM. YAHIA,** *Microclimate and Thermal Comfort of Urban Spaces in Hot Dry Damascus, Influence of urban design and planning regulations,* Thèse de doctorat, Université de Lund, 2012.
25. **N. RINGENBACH,** *Bilan radiatif et flux de chaleur en climatologie urbaine.* Thèse de Doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg1, 2004
26. **NICOLAS. RINGENBACH,** *Bilan radiatif et flux de chaleur en climatologie urbaine, mesures, modélisation et validation sur Strasbourg,* Thèse de doctorat, université Louis Pasteur (Strasbourg1), 2004.
27. **NOEMIE. GAUTHIER,** *Analyses morphologiques de formes urbaines et étude de l'impact des formes urbaines sur les gains énergétiques solaires,* Institut européen de recherche sur l'énergie, Strasbourg, 2014.
28. **RAHIM. AGUEJDAD,** *Etalement urbain et évaluation de son impact sur la biodiversité, de la constitution des trajectoires à la modélisation prospective. Application à une*

agglomération de taille moyenne : Rennes Métropole, Thèse de doctorat, Université Rennes2, 2009

29. **SIGRID. REITER**, *Elaboration d'outils méthodologiques et techniques d'aide à la conception des ambiances urbaines de qualité pour favoriser le développement durable des villes*. Thèse de doctorat, université de Louvain, 2007
30. **STELLA. TSOKA**, *Relations entre morphologie urbaine, microclimat et confort des piétons Application au cas des éco-quartiers*, Thèse de doctorat. CERMA, 2011
31. **SYLVAIN. HOUPERT**, *Approche inverse pour la résolution de contraintes solaires et visuelles dans le projet architectural et urbain, développement et application du logiciel SVR*, Thèse de doctorat, université de Nantes, 2003.
32. **VINET. J.** *Contribution à la modélisation thermo-aéraulique du microclimat urbain. Caractérisation de l'impact de l'eau et de la végétation sur les conditions de confort en espaces extérieurs*, Thèse de doctorat, Université de Nantes, Ecole polytechnique de l'Université de Nantes., CERMA, 2001.

3. Mémoires de magister:

1. **BOUCHERIT. SIHEM.** *L'utilisation du Projet Urbain dans la requalification des grands ensembles, un passage d'une gestion traditionnelle vers une gestion stratégique*. Mémoire de magistère. Université Mentouri de Constantine.
2. **BOUDERSA. GHANI.** *Le foncier et la consommation de l'espace par l'habitat. Cas d'étude : La petite ville de Zighoud Youcef*. Mémoire de magistère. Université Mentouri de Constantine. 2008.
3. **BOUKETTA. SAMIRA.** *L'effet de la géométrie urbaine sur l'écoulement du vent et la ventilation naturelle extérieure, Cas de la ville de Jijel*. Mémoire de magistère. Université Mentouri de Constantine. 2011.
4. **BRAHIM. NOUIBAT.** *Adaptation d'un COS optimal à l'habitation individuelle en milieux arides et semi arides – Cas de Bou-Saada*. Thèse de Magister. Université de Biskra. 1997.
5. **CHAHRAZED. KEDISSA.** *Impact de la géométrie des espaces extérieurs sur le microclimat urbain. Cas des places*. Mémoire de Magister. Université Mentouri de Constantine. 2010
6. **DAOUD. ZEROUAL.** *Impact des gains de chaleur sur la morphologie des bâtiments. Cas des climats chauds et arides*. Mémoire de Magister. Université Mentouri de Constantine. 2006
7. **FOUZIA. BOUCHERIBA.** *Impact de la géométrie des canyons urbains sur le confort thermique extérieur – Cas du Coudiat de Constantine-*. Mémoire de Magister. Université Mentouri de Constantine. 2005
8. **GOUIZI. YAMINA.** *Effet d'un groupe de bâtiments sur l'écoulement de l'air(vent) et le confort des piétons dans les espaces extérieurs,cas d'étude : ensemble de bâtiments collectifs des zhun à Biskra*. Thèse de Magistère. Université Mohamed Kheidar. Biskra,2003.

9. **HABIBA. TEBBANI.** *Impact de la végétation sur le microclimat et le confort thermique des espaces urbains publics.* Mémoire de Magister. Université Mentouri de Constantine. 2006
10. **HARBOUCHE. FAYÇAL.** *La règlementation dans les lotissements entre utopie et réalité.* Mémoire de magistère. Université Farhat Abbès de Setif. 2012.
11. **HUGUES. BOIVIN,** *La ventilation naturelle : Développement d'un outil d'évaluation du potentiel de la climatisation passive et d'aide à la conception architecturale,* Mémoire (M. Se.), Université Laval, Québec, Novembre 2007.
12. **KAHAL. KAMEL,** *Le lotissement résidentiel : Enjeux urbanistiques et développement urbain durable : Cas de Constantine (entre recherche de la qualité urbanistique et la consommation du foncier),* Mémoire de magistère, Université Mentouri de Constantine, 2006.
13. **LOUAFI. SAMIRA.** *Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine.* Mémoire de Magister. Université Mentouri de Constantine. 2005
14. **MANEL. AMOURA.** *La densité énergétique comme outil d'orientation de planification pour la maîtrise d'énergie en milieu urbain, Exemple de la commune de Bab-Ezzouar à Alger.* Mémoire de magistère. Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme (EPAU). 2014
15. **MARION. FEUILLATRE,** *Reconstruire la ville sur elle-même : un enjeu de développement urbain durable, entre actions publiques locales et perceptions habitantes,* Mémoire de master, Université François-Rabelais, 2012.
16. **MASMOUDI. SORAYA.** *Relation entre géométrie urbaine, végétation et confort thermique extérieur : cas de la place dans les régions arides à climat chaud et sec.* Thèse de Magistère. Université Mohamed Kheidar. Biskra, 2003.
17. **MOHAMED. BENZERZOUR,** *Transformations urbaines et variations du microclimat : Application au centre ancien de Nantes et proposition d'un indicateur "morpho-climatique",* Ecole d'Architecture de Nantes, 2004.
18. **MOHAMED. DJAAFRI,** *Forme urbaine, climat et énergie quels indicateurs et quels outils?,* École Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme (EPAU), Thèse, 2014
19. **NAWEL. ACHOUR-BOUAKAZ.** *La Relation entre l'îlot de chaleur urbain, phénomène du changement climatique et la densité du plan bâti : Cas de la ville d'Alger.* Mémoire de Magister. Université Mentouri de Constantine. 2006
20. **NEDJAI. FATIHA.** *Les instruments d'urbanisme entre propriétaire foncier Et application, Cas d'étude : la ville de Batna.* Mémoire de magistère. Université Mohamed Khider de Biskra.
21. **OUAMEUR AHMED. FOUAD,** *Morphologie urbaine et confort thermique dans les espaces publics : étude comparative entre trois tissus urbains de la ville de Québec,* Mémoire (M. Se.), Université Laval, Québec, Novembre 2007.
22. **SAFRI. SAÏD.** *Renouvellement urbain d'un centre ancien en déclin, cas du centre-ville de Jijel.* Mémoire de Magistère. Université Mentouri de Constantine. 2008

23. **SAMIRA. BOUKETTA.** *L'effet de la géométrie urbaine sur l'écoulement du vent et la ventilation naturelle extérieure.* Mémoire de Magister. Université Mentouri de Constantine. 2011
24. **SEGUIROU. BELKACEM.** *Vers une approche environnementale de l'espace urbain : influence des règles du prospect sur les formes urbaines en milieu arides et semi arides (cas de Biskra).* Thèse de Magistère. Université Mohamed Kheidar. Biskra,2002.
25. **TAYER. A/HAKIM.** *Espaces de communication et climat.* Thèse de Magistère. Université Mohamed Kheidar. Biskra,1996.
26. **ZEMMOURI. MOUNA,** *Evaluation des ambiances climatiques dans les ensembles d'habitations, cas de la ville de Biskra,* option l'architecture dans les milieux arides et semi arides. Mémoire de magistère, département d'architecture, université de Biskra, 2005.
27. 2008، بزغيش بوبكر، رخصة البناء: آلية رقابة مجال التعمير، مذكرة ماجستير، جامعة مولود معمري، تيزي وزو، 2008
28. رياض تومي. أدوات التهيئة و التعمير و إشكالية التنمية الحضرية - مدينة الحروش نموذجا- مذكرة ماجستير. جامعة منتوري قسنطينة، 2006

4. Lois, décrets et approches règlementaires:

1. Code de l'Urbanisme, Recueil de textes législatifs et règlementaires, Berti-Editions, Alger, 2008.
2. Collection d'Architecture et d'Urbanisme. L'aménagement des lotissements (Recommandations). Edition "OPU". 1990
3. Collection d'Architecture et d'Urbanisme. Lotissements sur terrain en pente. (Recommandations). Edition "OPU". 2005
4. Décret exécutif n° 06-55 du 30 janvier 2006 fixant les conditions et les modalités de désignation des agents habilités à rechercher et à constater les infractions à la législation et à la réglementation en matière d'aménagement et d'urbanisme ainsi que les procédures de contrôle.
5. Décret exécutif n° 91-175 du 28 mai 1991 définissant les règles générales d'aménagement, d'urbanisme et de construction.
6. Décret exécutif n° 91-176 du 28 mai 1991 fixant les modalités d'instruction et de délivrance du certificat d'urbanisme, du permis de lotir, du certificat de morcellement, de permis de construire, du certificat de conformité et du permis de démolir.
7. Décret exécutif n° 91-177 du 28 mai 1991 fixant les procédures d'élaboration et d'approbation du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme et le contenu des documents y afférents modifié et complété par le décret exécutif n°05-317 du 10 septembre 2005.
8. Décret exécutif n° 91-178 du 28 mai 1991 fixant les procédures d'élaboration et d'approbation du plan d'occupation du sol et le contenu des documents y afférents modifié et complété par le décret exécutif n°05-318 du 10 septembre 2005.
9. Etude de révision du PDAU du groupement de Constantine (Partie d'Ain Smara). URBACO. 2009

10. Loi 90-29 du 1^{er} décembre 1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme modifiée et complétée par la loi n°04-05 du 14 Août 2004.
11. Loi n° 02-08 du 8 mai 2002 relative aux conditions de création des villes nouvelles et de leur aménagement.
12. Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
13. Loi n° 06-06 20 février 2006 portant loi d'orientation de la ville.
14. Loi n° 07-06 du 13 mai 2007 relative à la gestion, à la protection et au développement des espaces verts.
15. Loi n°83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement.
16. 2014. د. إقلولي أولاد رابح صافية. قانون العمران الجزائري : أهداف حضرية و وسائل قانونية. دار هومة للنشر. 2014.

5. Ouvrages:

1. **AKBARI. HASHEM**, *Cooling our communities : a guidebook on tree planting and lightcolored surfacing*, United States Environmental Protection Agency, Washington D.C., January 1992.
2. **ALAIN. BORIE, PIERRE. MICHELONI ET PIERRE. PINON**. *Forme et déformation des objets architecturaux et urbains*. Edition Parenthèse. Marseille. 2006.
3. **AULICIEMS. ANDRIS, SZOKOLAY AND STEVEN V**. *Thermal comfort*, P.L.E.A. note 3 Design Tools and Techiques, In Association with department of architecture, University of Queensland, 1997, second edition 2007.
4. **BERGER. ANDRE**, *Le climat de la terre: Un passé pour quel avenir ?*, édition De Boeck Université, Bruxelles, 1992.
5. **BONAVITACOLA. M**, *Vers un indice de la qualité des sites du point de vue de la pollution lumineuse*, Revue Pulsar, édition : Société d'astronomie populaire, Toulouse, 2000
6. **BOTTEMA. MARCEL**, *Wind climate and urban geometry*, Eindhoven, University of technology, Netherlands, Janvier 1993.
7. **BRAU. J, MILLER- CHAGAS. P, DEPECKER. P, GUYOT. A ET PENEAU. J.P**. *Analyse climatique du site n°2; cahiers pédagogiques- Thermique et Architecture*, ouvrage collectif, édition Agence Française pour La Maitrise de l'Energie, Grenoble, 1989.
8. **BURROUGHS. J. WILLIAM**, *Comprendre le climat : la dynamique, les phénomènes, l'histoire, les régions, l'avenir*, Delachaux et Niestlé S.A., Paris, 2000
9. **CAPDEROU. MICHEL**, *Atlas Solaire De L'Algérie*, tome 1, Edition O.P.U., Alger, 1984.
10. **CAPDEROU. MICHEL**, *Atlas Solaire De L'Algérie*, tome 3, Edition O.P.U., Alger, 1986.
11. **CATHERINE. CHARLOT-VALDIEU ET PHILIPPE. OUTREQUIN**. *L'urbanisme durable (Concevoir un éco-quartier)*, Edition Le moniteur. Paris. 2009

12. **CHATELET. ALAIN, FERNANDEZ. PIERRE ET LAVIGNE PIERRE.** *Architecture Climatique ; une contribution au développement durable, Tome 2 : Concepts et Dispositifs*, édition EDISUD, Aix-en-Provence, 1998.
13. **CHEMERY. LAURE,** *Petit Atlas des climats*, Editions Petite Encyclopédie LAROUSSE, 2ème édition, Paris, 2006.
14. **CHEN. Q,** *Sustainable urban housing in China*, Edité par L. R. Glicksman and J. Lin, Springer, 2007.
15. **DE HERDE. ANDRE ET LIEBARD. ALAIN,** *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*, Editions Le Moniteur, Paris, 2005.
16. **DJILLALI. ADJA ET BERNARD. DROBENKO.** *Droit de l'urbanisme.* Berti édition Paris, 2006
17. **ERIK. JOHANSSON AND DJAMEL. OUAHRANI,** *Climate conscious architecture and urban design in Jordan (Towards energy efficient buildings and Improved urban microclimate)*, Lund University. Report12, 2009.
18. **FACHGEBIET. STADTEBAU.** *Exposition internationale d'architecture et d'urbanisme Emscher Park.* Edition Essen. TU Dortmund. 2008.
19. **FRANÇOIS. PELEGRIN ET ELISABETH. PELEGRIN-GENEL.** *Ambiances, densités urbaines et développement durable.* Edition PC. Paris. 2008.
20. **GENDEMER.JACQUES ET GUYOT.ALAIN.** *La protection contre le vent.* Paris. 1981
21. **GIVONI. BARUCH,** *Climate considerations in building and urban design*, edition John Wiley and sons, Inc, New York, 1998.
22. **GIVONI. BARUCH,** *l'homme, l'architecture et le climat*, Édition Le Moniteur, Paris, 1978.
23. **GIVONI. BARUCH,** *Passive and low energy cooling of buildings*, edition John Wiley and sons, Inc, New York, 1994.
24. **HANS. ROSENLUND, ERIK. JOHANSSON ET DJAMEL. OUAHRANI,** *Architecture adaptée aux zones arides, Projet de coopération.* Université de Lund (Suède et ARRU³). 1997.
25. **IZARD. J.L.** *Architecture d'été : construire pour le confort d'été*, EDISUD, Aix-en-Provence, 1993.
26. **IZARD. J.L. ET GUYOT. A.** *Archi Bio*, Editions Parenthèses, Paris, 1979.
27. **JEAN PIERRE. MURET.** *Les espaces urbains-Concevoir, réaliser, gérer.* Edition Le moniteur. Paris. 1987.
28. **JULIEN. DAMON.** *Villes à vivre (Modes de vie urbains et défis environnementaux).* Edition Odile Jacob. Paris. 2011

³ Agence de réhabilitation et de rénovation urbaine (Tunisie)

29. **KARIN. GRUNDSTROM** , *Climat et urbanisme : la relation entre le confort thermique et la forme du cadre bâti*, édition Asdi (Suède), 2003
30. **KARIN. GRUNDSTRÖM, ERIK. JOHANSSON, MOHAMED. MRAISSI ET DJAMEL. OUAHRANI**, *Climat & Urbanisme - La relation entre le confort thermique et la forme du cadre bâti*- Housing Development & Management (HDM) et Laboratoire Public d'Essais et d'Etudes (LPEE), 2003
31. **LIEBARD. A ET DE HERDE A.** *Guide de l'architecture bioclimatique. Haute qualité et développement durable. Tome I*, Ed : Systèmes solaires, Chaumont cedex, 1996
32. **MINISTERE DE L'HABITAT**, *Eléments de composition urbaine* /ENAG éditions. Alger.
33. **OKE.T.R.** *Boundary layer climates*, Sec Edition, Methuen, London and New York. 1987.
34. **PHILIPPE. PANERAI, JEAN. CASTEX ET JEAN-CHARLES. DEPAULE.** *Formes urbaines – De l'îlot à la barre*. Edition Parenthèse. Marseille. 2009.
35. **PHILIPPE. PANERAI.** *Analyse urbaine*. Edition Parenthèse. Marseille. 2009
36. **PIERRE. PELTRE.** *Risque morpho-climatique urbain*. Edition « Centre National Des Recherches Scientifiques ». Paris. 1992
37. **PIERRE. VON MEISS.** *De la forme au lieu (Une introduction à l'étude de l'Architecture)*. Presses polytechniques et universitaires romandes. Lausanne. 1993.
38. **REMY. ALLAIN.** *Morphologie urbaine – Géographie, aménagement et architecture de la ville*. Edition Armand Colin, Paris, 2004.
39. **ROBERT. D BROWN.** *Design with microclimate, The secret to comfortable outdoor space*. Islandpresss. 2010.
40. **SAIDOUNI. MAOUIA.** *Eléments d'introduction à l'urbanisme*. Casbah édition. Alger.2000
41. **VINCENT. FOUCHIER.** *Les densités urbaines et le développement durable*. Edition du SGVN. Paris. 1997.
42. **ZUCHELLI. ALBERTO.** *Introduction à l'urbanisme opérationnel et à la composition urbaine, Vol n°I*, OPU, Alger, 1983.

6. Divers (Rapports scientifiques, colloques, conférences, guides) :

1. **ADOLPHE. L, CHATELET. A, MAÏZIA. M, LEVY. A, CASAL. A, BOUSSOUALIM. A ET AIT-AMEUR. K.** *Sagac-Cités : Systèmes d'Aide à la Gestion des Ambiances urbaines*, Rapport final. MENRT, Action Concertée Incitative Ville, 2002.
2. **ADOLPHE. L.** *Modeling the link between built environment and urban climate: towards simplified indicators of the city environment*, *Building Simulation*, Proceedings of IBPSA (International Building Performance Simulation Association), 2001, 679- 684.
3. **AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE MAITRISE DE L'ENERGIE (ADEME).** Rapport intitulé : *Urbanisme et qualité de l'air (Des Territoires Qui Respirent)*, France, 2015

4. **AGENCE FRANÇAISE DE DEVELOPPEMENT (AFD).** *Villes et atténuation du changement climatique*, synthèse des études et recherches de, 2015.
5. **AGENCE PARISIENNE DU CLIMAT ET METEO-FRANCE,** *L'îlot de chaleur urbain à Paris - Un microclimat au Cœur de la ville* document réalisé par, avec l'appui de la Mairie de Paris et la contribution de l'Atelier Parisien d'Urbanisme, 2013.
6. **AÏT-AMEUR. K.** *Characterization of the microclimate in urban public spaces through the validation of a morpho-climatic indicator system, design with the Environment*, Proceedings of PLEA (Passive Low Energy Architecture), 2002, 305- 311.
7. **ANNE. PAUGAM,** *Villes et atténuation du changement climatique*, Synthèses des études et recherches de L'AFD,2015
8. **ARUNAVA. SARKAR ,** *Low Energy Urban Block: Morphology and planning guidelines*, 45th ISOCARP Congress, 2009
9. **BACKENSTOW.D.E.** *Comparison of white versus black surfaces for Energy conservation*, Proceedings of the 8th Conference on Roofing technology , Applied technology for improving roof performance, Gaithersburg, Maryland, 16-17 April, National bureau of standards and the national roofing contractors association, 1987, 27-31.
10. **BENOIT. BULLIOT ET AL,** *Etude intitulée : l'Urbanisme et qualité de l'air (Des territoires qui respirent)*, Agence de l'environnement et de maîtrise de l'énergie (ADEME), Angers Cedex 01, 2015.
11. **CARRASCO AND J.S. REYNOLDS,** *Shade, water and mass: passive cooling in Andalusia*, in: Proceedings of The Twenty-first National Passive Solar Conference, Ashville, NC, 1996, 88–93.
12. **CAVAYAS. F ET Y. BEAUDOIN.** *Étude des biotopes urbains et périurbains de la CMM. Volets 1 et 2 : Évolution des occupations du sol, du couvert végétal et des îlots de chaleur sur le territoire de la Communauté métropolitaine de Montréal (1984-2005).* Université de Montréal et Université du Québec à Montréal, 2008
13. **CLEMENT. CHAMPIAT,** *Elaboration d'une méthodologie d'identification des îlots de chaleur urbains sur le territoire du Grand-Lyon*, EHESP, Rhône, 2008.
14. **DE LA TORRE. J.M.O. ET SERRA. R.** *Microclimatic analysis of some urban scenarios*, In proceedings of PLEA 1998, Lisbon, Portugal, June 1998. London : James and James, (1998), 159-162
15. **E. TSIANAKA.** *The role of courtyards in relation to air temperature of urban dwellings in Athens*, the 23rd conference on passive and low energy in architecture Genève, Suisse, 6-8 September 2006
16. **ELISABETH. HABERT.** *Rapport du Laboratoire de cartographie appliquée.* IRD. France. 2000
17. **ERIC. CHARMES,** *Pour une approche pragmatique de la mixité sociale*, Rapport de l'Institut français d'urbanisme, Université Paris8, 2010.
18. **F. BOUCHERIBA, F. BOURBIA ET H. TEBBANI.** *Street design and outdoor comfort for semi arid climate.* PLEA,2005

19. **F. ROUSTAN ET AL.** *Densité et formes urbaines*. Rapport de l'agence d'urbanisme de l'agglomération marseillaise (AGAM). Juillet 2009.
20. **FERNANDES. E, O.ALMEIDA. F AND CARDOSO P.** *Energy and Environnement at EXPO'98*, Lisbon. In: Proceedings of PLEA 1998, Lisbon, Portugal, June 1998.
21. **FOUCHIER. VINCENT.** *Maîtriser l'étalement urbain : Une première évaluation des politiques menées dans quatre pays. (Angleterre, Norvège, Pays Bas, Hong Kong)*, Centre de prospective et de veille scientifique, Ministère de l'Équipement, du Transport et du Logement, 2001.
22. **G. NAJJAR ET AL.** *Bilans radiatif et d'énergie dans un canyon urbain*. Annales de l'Association Internationale de Climatologie (AIC), vol 2. France. 2005.
23. **GALLEZ. CAROLINE, HIVERT. LAURENT.** *Mode d'emploi, synthèse méthodologique pour les études « budget-énergie-environnement des déplacements*, Rapport INRETS, 1998.
24. **GAO, W. ET OJIMA, T.** *Prediction of thermal environment of urban area*, Summaries of technical papers of annual meeting of architectural institute of Japan. (1997), 881-883.
25. **HAGISHIMA. A, TANIMOTO. J.** *Sensitivity analysis of factors of urban heat islands of various meteorological regions using the urban canopy model*; proceedings of the fifth international conference on urban climate, 1-5 September 2003, Lodz, Poland.
26. **I.G. CAPELUTO, A. YEZIORO, T. BLEIBERG AND E. SHAVIV**, *Solar Rights in the Design of Urban Spaces*, research of faculty of Architecture and Town Planning Technion – Israel Institute of Technology, Haifa, 2006.
27. **J.P. TRAISNEL.** *Architecture, Climats, Energie. Outils et Démarches Pédagogiques*. Cahiers Scientifiques et Techniques COFEDES, 235, 1986.
28. **JOËLLE GOYETTE-PERNOT ET RAPHAËL COMPAGNON**, *Climat urbain et énergie*, Université de Genève, Séminaire énergie et environnement, 09 janvier 2003.
29. **JOËLLE. GOYETTE PERNOT ET RAPHAËL COMPAGNON.** *Energie et environnement*. Rapport de séminaire. École d'ingénieur et d'architecte de Fribourg, Genève, 2003.
30. **K.M. KENSEK AND R.L. KNOWLES**, *Solar access zoning: computer generation of the solar envelope*, in: Proceedings of the ACSA SW Regional Meeting, University of New Mexico, Albuquerque, NM, 1997.
31. **KOENIGSBERGER.O.H, INGERSOLL.T.G, MAYHEW. ALAIN AND SZOKOLAY.S.V.** *Housing and building*. London. Longman group.1980.
32. **LAURE. DER MADIROSSIAN** , *La densité urbaine -Plaquette pédagogique*, CERTU département Urbanisme Habitat , 2010.
33. **LECORRE.Y.** *Towards a method of investigation of the « ambient pattern » for a better comprehension of the relations between the behaviours of the pedestrian and the characteristics of the environment*, 7th International Interdisciplinary conference on the environment, July 2-4 2001, San Francisco, California-USA.
34. **MARION. RICHARD ET AL,** *L'étalement urbain et changement climatique- Etat des lieux & propositions*, Action-Climat de France, 2011.

35. **MARION. RICHARD ET AL**, Réseau action-climat France (RAC-F), *Etalement urbain et changement climatique*, 2011.
36. **MARJORIE. MUSY**, *Densité Urbaine, Enjeux environnementaux et perception*, rapport de CERMA, Ensa Nantes, 2010.
37. **MAUDE. COURNOYER GENDRON**, *Le développement urbain durable, Le réseau de recherche et de connaissance sur la ville et l'urbain*, Montréal (Québec), 2015.
38. **METEO FRANCE ET AGENCE PARISIENNE DU CLIMAT**, *Rapport sur Ilot de chaleur urbain*, 2013.
39. **MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUEBEC**, *L'origine du smog*, 2007
40. **MIRZA BASSO ET AL**. *Urban Morphology and Solar Potential of the Built Environment in Andean Cities of Hispanic Layout. Assessing Proposals towards a more Sustainable Energy Future*. The 20th Conference on Passive and Low Energy Architecture (PLEA), Santiago. 9 - 12 November 2003.
41. **NATHALIE. LOUET**. Rapport intitulé : *Agir contre les Ilots de Chaleur Urbains (ICU)*. Agence d'urbanisme de la région Nîmoise et Alésienne, 2014.
42. **NIKOLOPOULOU. M**. *Concevoir des espaces extérieurs en environnement urbain : une approche bioclimatique. résultats du projet RUROS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces)*, Centre for Renewable Energy Sources (C.R.E.S), 2004.
43. **OKE. T.R**. *Overview of interactions between settlements and their environments*, WMO experts meeting on Urban and Building climatology, WPC-37, WMO, Genève. 1982.
44. **PASCAL. AMPHOUX ET AL**. *La densité urbaine, Du programme au projet urbain*. Rapport de recherche no 142. Institut de recherche sur l'environnement construit. Département d'architecture. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. 2001.
45. **PATRICE. DUNY**, *La notion de densité*, Agence d'études d'Urbanisme de Caen-Métropole, Caen, 2008
46. **QUN. DAI AND MARC. AUREL SCHNABEL**. *Pedestrian thermal comfort in relation to street zones with different orientations*, Proceedings of the 18th International, Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2013), 219–228.
47. **QUN. DAI, MARC. AUREL SCHNABEL ET BERT. HEUSINKVELD**, *Influence of height-to-width ratio: Case study on mean radiant temperature for Netherlands buildings*, Conference theme: Environment, planning and architecture, 20.
48. **R.L. KNOWLES AND K.M. KENSEK**. *The interstitium: a zoning strategy for seasonally adaptive architecture*, in: Proceedings of The PLEA 2000, Cambridge, UK, 2000, 773–774.
49. **R.L. KNOWLES AND R.D. BERRY**, *Solar envelope concepts: moderate density building applications*, Solar Energy Research Institute, Golden Co., 1980
50. **STEEMERS. K .A ET AL**. *Morphologie urbaine*, Martin center de Cambridge, publié dans le cadre du projet RUROS, éditeur : Nikolopoulou, M. 2005

51. **SWINTON. M.C, ENTCHEV. E, SZADKOWSKI. F AND MARCHAND. R.** *Benchmarking twin houses and assessment of the energy performance Of two gas combo heating systems.* 9th Canadian conference on Building sciences and technology. 2003, 365-381.
52. **SYLVAIN. PERIGNON,** *L'écriture de l'article 14 du règlement des PLU (coefficient d'occupation du sol),* France, 2012
53. **YUN. D, HOYANO. A AND LINO. A.** *Evaluation of urban forms from thermal environmental aspects,* Proceedings of PLEA, PLEA 97, Japan, (1997), 2:223-228.

7. Approches méthodologique :

1. **GROUPES DE CHERCHEURS,** *Méthodologie de la recherche documentaire : Principes clés.* Service Formation des Publics. Université d'Avignon. 2013
2. **M. ASSIE GUY ROGER ET KOUASSI ROLAND RAOUL.** *Cours d'initiation a la méthodologie de recherche.* Ecole pratique de la chambre de commerce et d'industrie – Abidjan, 2006
3. **MICHEL. BEAUD.** *L'art de la thèse (Comment préparer et rédiger une thèse de doctorat, de magister ou un mémoire de fin de licence).* Casbah éditions. Alger. 2005.
4. **YVES. LIVIAN.** *Initiation à la méthodologie de recherche en SHS, Réussir son mémoire ou sa thèse.* Centre Magellan - Université Jean Moulin - Lyon 3. 2015.

ANNEXES

ANNEXE I

LE "SIG"

Outil d'analyse et d'investigation

1. Définition du SIG:

Un SIG est un outil informatisé capable de créer, transformer, afficher, analyser et stocker de l'information géographique. Il permet d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, en vue notamment de produire des plans et cartes.⁴

Le SIG est considéré aussi comme un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision.⁵ C'est tout un système informatique de matériels, de logiciels et de processus conçu pour permettre: la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse et l'affichage de données à référence spatiale, afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion.⁶

Un SIG contient généralement plusieurs sortes d'objets géographiques qui sont organisés en thèmes que l'on affiche souvent sous forme de couches (Figure n°1). Chaque couche contient des objets de même type (routes, bâtiments, cours d'eau, limites de communes, entreprises,...). Chaque objet est constitué d'une forme (géométrie de l'objet) et d'une description.

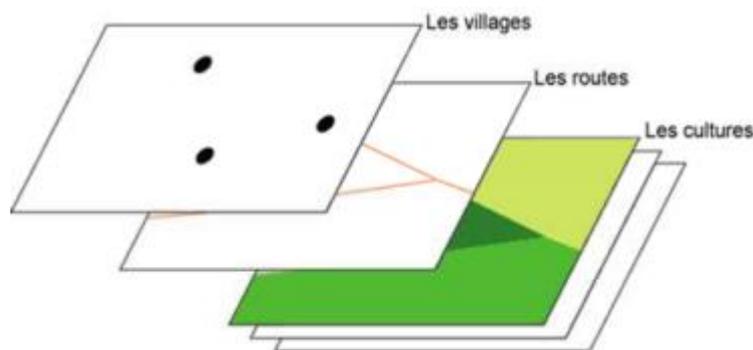


Figure n°1 : Principe de superposition de données dans le SIG
Source: Franck Le Provost, 2011

Denègre et F. Salgé indiquent qu'un SIG vise à rassembler des données diverses, mais localisées dans le même espace géographique, relatives à la fois à la Terre et à l'homme, à leurs interactions et leurs évolutions respectives. Toutes les données de type géographique, c'est-à-dire qui décrivent d'une manière ou d'une autre une portion du monde terrestre, peuvent être mises en relation dans la mesure où elles ont toutes un point commun, qui est l'espace qu'elles décrivent. Un SIG permet donc d'aborder et de corréler entre elles des thématiques différentes par une entrée commune d'ordre spatial. Le but d'un SIG est de croiser des données, qui ont une dimension géographique, afin de tester des hypothèses établies au préalable. Il ne s'agit donc pas d'une

4 <http://dpt-info.u-strasbg.fr/~nicolas.lachiche/OTG.../SIG%20definition.pdf>

5 Définition de Michel Didier pour le Conseil National de l'Information Géographique, 1990.

6 Comité Fédéral de Coordination Inter-agences pour la Cartographie Numérique, 1988, USA.

cartographie automatisée, mais d'une structuration de l'information géographique, qui permet la réutilisation des données par plusieurs utilisateurs, en fonction de leur propre recherche.⁷

2. Evolution du SIG :

L'information géographique peut être représentée sous forme de cartes, de plans, mais aussi de photographies aériennes ou d'images satellitaires. Jusqu'à l'apparition des SIG, les cartes possédaient des inconvénients importants, qui devenaient de plus en plus lourds dans le contexte de l'augmentation du nombre d'information et leur renouvellement de plus en plus rapide : fabrication longue et coûteuse, limitation de l'information mobilisée, impossibilité de réactualiser le document directement, difficulté de combiner des cartes entre elles. Dans le cadre du développement des systèmes d'information (SI), les SIG offrent une réponse technique et méthodologique à ce changement de contexte.

Les premiers SIG ont émergé en France au début des années 70, et leur diffusion a explosé à partir de la fin des années 80. La demande en information géographique est croissante depuis cette époque. Elle est d'abord exprimée au niveau de l'État et des collectivités locales (70% de la demande en 1995). Ce développement se situe dans un contexte où il est de plus en plus question de développement durable, et où l'information géographique devient un enjeu important du fait qu'elle constitue un outil primordial de gestion des territoires, et de l'équilibre entre la société et l'environnement.

Des évolutions fondamentales ont concerné l'Information géographique depuis le milieu des années 80 : diffusion des SIG, programmes de numérisation des données, données satellitaires, avec irruption récente de données haute résolution, à précision métrique. Celles-ci ainsi que les nouvelles images aériennes obtenues par capteurs numériques permettent d'envisager des applications locales, avec une information géographique métrique ou infra-métrique. Une autre technique d'origine spatiale, le positionnement de type apporte sa contribution en permettant de réduire notablement les coûts d'accès au positionnement géographique, et de mise à jour de l'information géographique.⁸

Auparavant, les territoires et leur environnement étaient appréhendés soit par une représentation géographique traditionnelle à l'aide de plans et de cartes, soit par une approche comptable en constituant et en exploitant des bases de données alphanumériques (automatisées ou non).

L'apport des SIG est de permettre une vision globale de ces territoires en proposant, par la mise en œuvre d'outils qui associent chiffres et cartes, de lier les deux domaines, de les enrichir, de les synthétiser. Ainsi, et vu les grands avantages qu'offre le SIG dans le domaine de la gestion

⁷ <http://lemo.irht.cnrs.fr/44/histoire-urbaine>

⁸ Michel Deshayes et Jean-Pierre Chery, SIG : Définitions et contraintes de mise en place **cités dans** <http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/40968/67.pdf>

cartographique et thématique dans des domaines divers, on a jugé très efficace voire indispensable de l'exploiter dans le cadre de notre présente recherche. L'analyse urbaine dans son sens le plus large trouve dans le SIG un atout incontestable et toute approche ou intervention urbaine nécessite inévitablement la manipulation d'une multitude de cartes et d'informations. Ces dernières doivent être introduites, superposées et analysées pour pouvoir diagnostiquer et interpréter la réalité urbaine faisant ressortir d'éventuelles anomalies

3. Objectifs du SIG: Cartographier et analyser

Les organismes en charge des différents domaines d'un territoire peuvent soit décider de constituer un SIG prenant en compte l'ensemble des problématiques, soit mettre en place un dispositif plus léger, restreint à un champ thématique clairement identifié. Le dimensionnement d'un SIG dépendra essentiellement des objectifs que l'on souhaite atteindre en l'exploitant. Il prendra alors la forme d'un outil à part entière, avec une équipe dédiée au sein de l'organisme, ou celle d'une interface Web de renseignement et de consultation. La taille d'un territoire n'a pas forcément d'influence sur l'importance du SIG. Les thématiques à traiter en auront davantage. Ainsi l'équipe dédiée au SIG d'une grande agglomération se verra confier la gestion de bases de données géographiques sur des thèmes aussi divers que la voirie, le mobilier urbain, les réseaux, les espaces verts, les permis de construire, les adresses, la collecte des ordures ménagères, etc.

Une fois constitué, le SIG doit :

- aider à résoudre les problèmes posés par la gestion des données urbaines par une aide à l'analyse et au diagnostic ;
- instaurer une dynamique permettant l'ouverture du dialogue, l'échange et le partage des données entre utilisateurs ;
- servir de support prospectif offrant une approche globale et transversale pour les utilisateurs, les décideurs et les citoyens.
- Permettre la consultation rapide et facile des plans cadastraux, des plans topographiques dans leurs trois dimensions, des différents instruments opérationnels d'urbanisme, des zones naturelles protégées, des réseaux d'AEP et d'assainissement, des différents Atlas relatifs aux données diverses (Population, statistiques démographiques, habitat...)...etc.

Cette capitalisation de données thématiques et géographiques correspond à une étape dite de connaissance du territoire. Viennent ensuite les étapes d'analyse et d'étude. L'analyse du territoire consiste à produire une méthode adaptée à une problématique. Cette phase aboutit à la production d'une nouvelle couche d'informations, d'une nouvelle carte ou de nouveaux tableaux. On peut donner comme exemple l'observation et la qualification de l'étalement urbain en

périphérie des villes, ou encore la mesure de la densité d'équipements et de services dans divers quartiers.

4. Échelle du SIG :

Plusieurs échelles peuvent être utilisées pour analyser de façon efficace un territoire. Des grandes ou très grandes échelles (1/10 000e au 1/200e) permettent l'accès à des données très détaillées pour mener des analyses de projets urbains avec des informations concernant les parcelles, bâtiments, voiries, mobilier urbain. Ces échelles sont également appropriées pour l'élaboration ou la révision d'un plan d'urbanisme⁹ (Figure n°2).

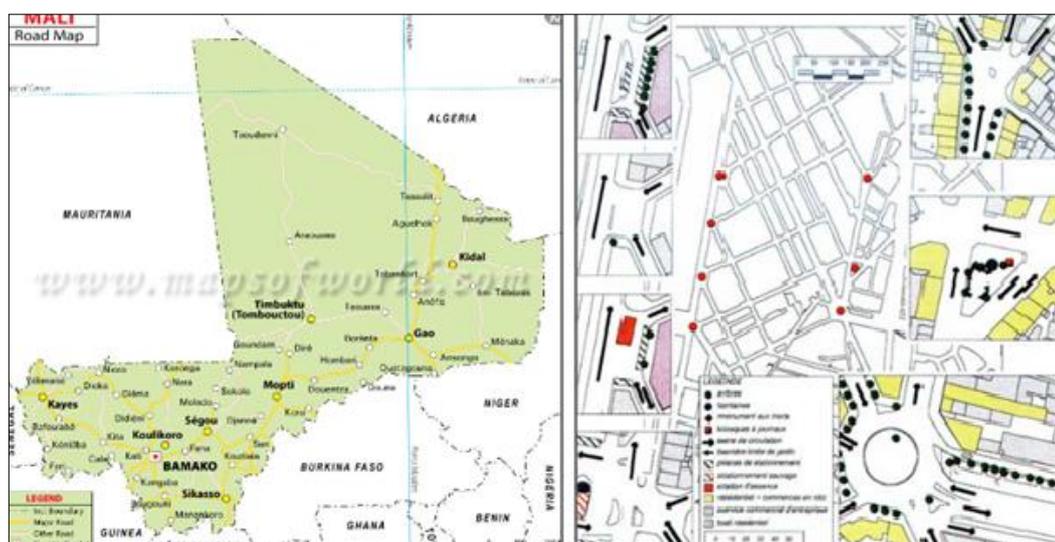


Figure n°2 : Echelles du SIG : D'un très large territoire à une échelle de détails
Source: http://www.michelperloff.com/sig_graphique_projet_urbain

5. Mode de représentation des données dans un SIG:

Le SIG traite les données selon deux modes distincts: Raster et Vecteur.

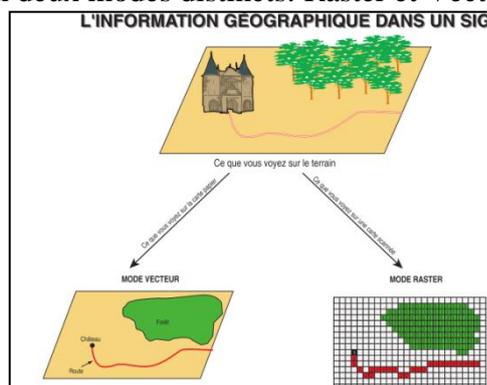


Figure n°3 : Modes de représentation dans un SIG
Source: Christine C, 2000 cité dans <http://sig-pour-tous.forumactif.com>

⁹www.outil2amenagement.certu.developpement-durable.gouv.fr/systeme-d-information-geographique-sig-a544

5.1.Mode "Raster»:

La réalité est représentée sous forme de grille régulière et rectangulaire composée de ligne et de colonne. Chaque case de cette grille possède une intensité de gris ou une autre couleur. La juxtaposition des points crée l'apparence visuelle du plan et de l'information qu'on veut présenter. Une forêt par exemple est représentée par une série de points de couleurs et de numéros identiques (Figure n°4).

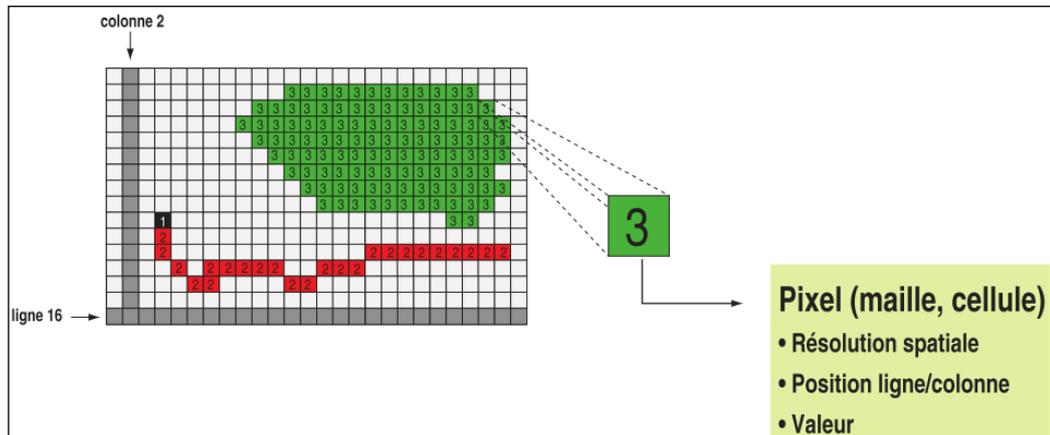


Figure n°4 : Modes de représentation "RASTER" dans un SIG

Source: Christine C, 2000 cité dans <http://sig-pour-tous.forumactif.com>

5.2.Mode "Vecteur":

Les limites des objets spatiaux sont identifiées à travers leurs constituants élémentaires à savoir : les points, les lignes et les polygones. Chaque élément est doté d'un identifiant qui le relie à une table alphanumérique (Figure n°5).

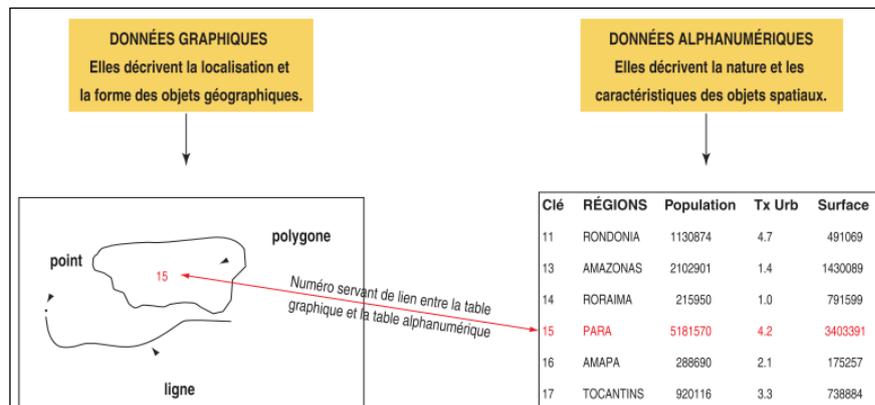


Figure n°5 : Modes de représentation "VECTEUR" dans un SIG

Source: Laboratoire de cartographie appliquée - Élisabeth Habert, 2000

Ainsi, et comme il a été cité ci dessus, la base de travail d'un SIG, consiste en la spatialisation des données ou l'organisation de l'information géographique ; de ce fait, les objets géographiques sont introduit dans le SIG selon trois formes différentes : le point, la ligne et la surface. A l'échelle d'une ville, une construction isolée peut être traduite graphiquement par un point, une voie ou un objet physique linéaire par une ligne, et une zone résidentielle par une surface

(Figure n°6). Précisons qu'une ligne peut être une polyligne, soit une suite de segments, et qu'une surface peut comporter un trou à savoir une poche vide:

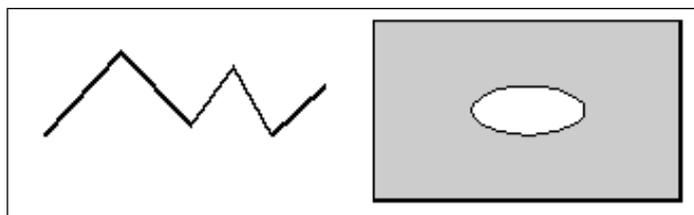


Figure n°6: Modes de représentation: Poly ligne et surface à trou (poche vide par exemple)

Source: Laboratoire de cartographie appliquée - Élisabeth Habert, 2000

Cette traduction géographique d'objet dépend de l'échelle d'analyse : si on se situe désormais à une échelle plus petite, comme celle du quartier, une construction peut être numérisée par une surface. Nous utilisons le terme échelle dans son sens géographique (un grand espace correspond à une grande échelle), et non pas cartographique (un grand espace est caractérisé par une petite échelle. Un des grands atouts du SIG consiste dans le géo-référencement mathématique de ces objets. Ceux-ci possèdent des coordonnées, définies selon un référentiel géodésique et une projection cartographique. Ces coordonnées sont invariables quelle que soit l'échelle d'analyse.

6. Les domaines d'application du SIG:¹⁰

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés. Citons cependant :

- Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques)
- Marketing (localisation des clients, analyse du site)
- Planification urbaine (cadastre, POS, voirie, réseaux assainissement)
- Protection civile (gestion et prévention des catastrophes)
- Transport (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires)
- Hydrologie
- Forêt (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture)
- Géologie (prospection minière)
- Biologie (études du déplacement des populations animales)
- Télécommunication (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles)

7. Le SIG et la réglementation urbaine:

Si les SIG offrent de multiples possibilités d'analyse ou de simulation, ils ont d'abord trouvé d'importantes applications pour la gestion urbaine, qui constitue aujourd'hui encore un domaine très important de leur utilisation.

Dans le cadre d'un suivi du foncier sur un territoire communal, par exemple, le SIG peut servir à identifier des parcelles libres afin de créer des réserves foncières. Il peut également servir à gérer les terrains encore disponibles sur certaines zones spécifiques comme des ZAC. Il permet

¹⁰ www.cartographie.ird.fr/publi/documents/sig1.pdf

aussi, en phase amont, de recenser les zones susceptibles d'accueillir des projets d'implantation de lotissements ou de logements.¹¹

Sur des territoires plus importants comme les agglomérations, le SIG peut permettre de gérer beaucoup plus de données : la voirie, les espaces verts et les plantations, les lignes de transport public, le mobilier urbain, les réseaux divers (eau, assainissement, éclairage public) et également les plans d'urbanisme afin d'instruire les permis de construire à titre d'exemple.

8. Le SIG et la climatologie urbaine:

Selon Colombert (2008), plusieurs facteurs entrent dans la formation du climat urbain : des facteurs naturels (les conditions anticycloniques, la saison, les conditions météorologiques de la journée, la vitesse du vent, la couverture nuageuse, etc.) et des facteurs urbains, qui comprennent à la fois la couche superficielle du sol (la minéralisation des sols et la présence plus ou moins importante de surfaces végétales ou d'eau), les activités anthropique, et la structure urbaine (morphologie du cadre bâti, matériaux de construction).

Les recherches sur l'îlot de chaleur urbain permettent de comparer l'influence des différents facteurs urbains en tenant compte de la possibilité de mettre en œuvre ces différentes modifications. Les premiers travaux sur l'îlot de chaleur ont été réalisés à l'échelle de toute une agglomération, mais ensuite les climatologues se sont progressivement intéressés à d'autres paramètres climatiques à plus petite échelle, mettant ainsi en valeur l'importance de la géométrie urbaine et des propriétés physiques des matériaux de construction.

L'utilisation des systèmes d'information géographiques (SIG) dans le domaine de la climatologie urbaine est relativement récente. Des études menées entre 2005 et 2007 ont prouvé que la géomatique pouvait être appliquée avec succès à l'étude des ICU pour mettre en évidence ce phénomène et la variabilité de son intensité. A partir des paramètres connus qui influent sur l'ICU, comme la géométrie urbaine, des données sont intégrées au SIG afin de bâtir un modèle cartographique. Ce dernier, créé, permet de visualiser les zones à risque, de détecter de nouvelles zones apparentes et de planifier où concentrer des projets de verdissement (de petite ou grande envergure). L'exploitation et la maîtrise du SIG contribuent également à une meilleure analyse et une meilleure compréhension de ces enjeux afin de prendre des mesures d'adaptation du milieu urbain.

¹¹ www.outil2amenagement.certu.developpement-durable.gouv.fr/

8.1.Exemple de l'exploitation du SIG pour l'analyse de l'ensoleillement en milieu urbain à « São Paulo » en Brésil (3D SkyView):

Le 3DSkyView a été conçu dans le langage scripting Avenue dans l'environnement du programme ArcView 3.3. avec son extension 3D Analyst, tous deux de ESRI (Environmental Systems Research Institute products) . Cet outil a été développé dans le cadre d'une collaboration entre l'Université de São Paulo (Brésil) et l'Université de Minho (Portugal) (Souza; Rodrigues; Mendes 2003). Il est également possible de faire une simulation du passage solaire dans un canyon urbain, le programme créant alors automatiquement un graphique solaire qui permet d'analyser l'accès solaire. Il faut la donnée du « Coordinated Universal Time (UTC) ainsi que la latitude et la longitude du point d'observateur pour la simulation du passage solaire.

La scène en 3D (Figures n°7, 8, 9 et 10) permet de visualiser et comprendre la relation géométrique entre l'observateur et les bâtiments. Il est possible de changer le point de vue du 3Dscene, l'utilisateur pouvant choisir le meilleur angle de vision et d'analyse du canyon urbain.

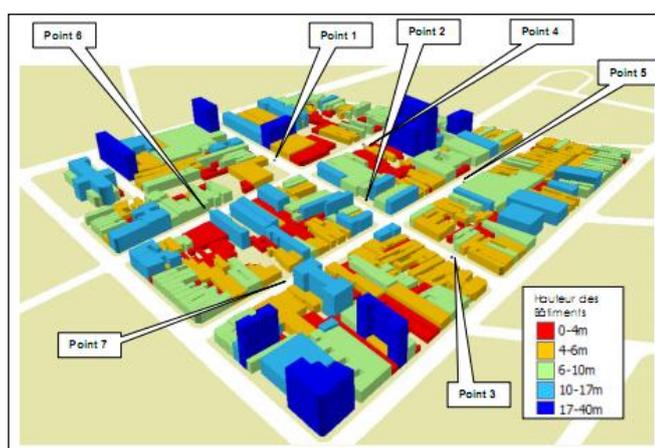


Figure n°7: Vue en 3D réalisée avec le programme ArcGis 9 à partir des données cadastrales, 2011.
Source : Susan Honjo, 2011

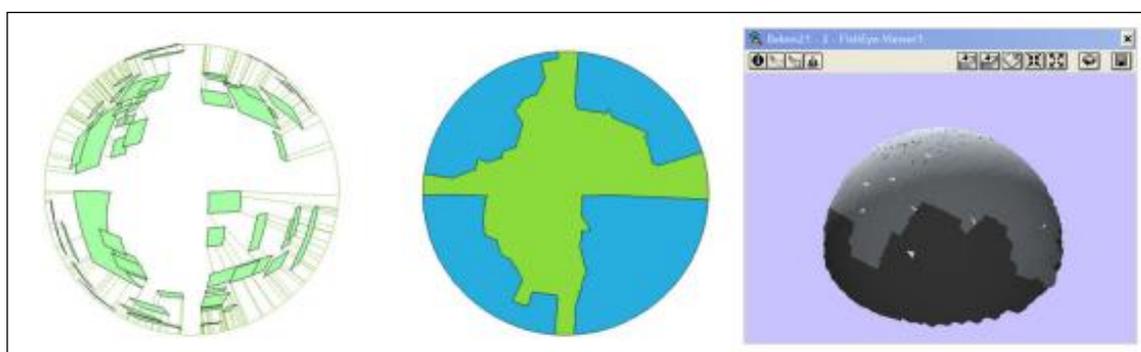


Figure n°8 : Vues en Fish Eye Réalisées avec le programme Arcview 3.3. à partir des données cadastrales
Source : Susan Honjo, 2011



Figure n°9 : Vues en Fish Eye Réalisées avec le programme ArcView 3.3 à partir des données cadastrales
 Source : Susan Honjo, 2011

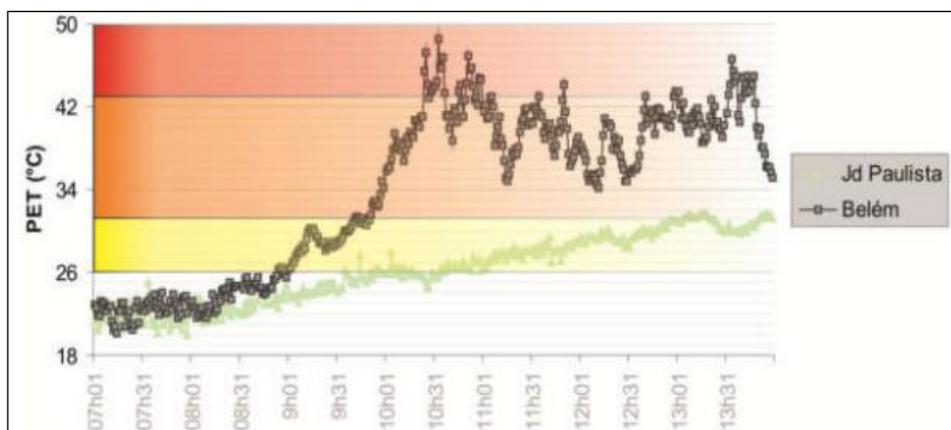


Figure n°10 : Variation de température en chaque point de mesure pendant la journée du 23 février 2011.
 Source : Minella, Honjo et Kruger, 2011.

9. Définition de l'ArcGis 9.3:

En 1981, ESRI (Environmental Systems Research Institute) lança son premier logiciel SIG commercial appelé ArcInfo, qui combinait l'affichage d'entités géographiques : points, lignes et polygones avec des outils de gestion de base de données pour associer des attributs à ces entités. Le modèle de données géographiques utilisé était appelé "modèle géo relationnel". En 2000, ESRI a lancé la version 8 d'Arc Info, qui introduit de nouvelles applications bureautiques.¹² Aujourd'hui, la Gamme ESRI s'appelle Arc-Gis, et peut se composer en trois parties : Arc-View, Arc-Editor et Arc-Info. La gamme de produits Arc-GIS propose une plate-forme SIG complète et évolutive, conçue pour s'adapter aux besoins des professionnels.

10. Possibilités de l'ArcGis:

ArcGIS Desktop comprend une suite d'applications bureautiques intégrées : ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox et ArcGlobe (Figure n°12). Chaque application offre une gamme complète d'outils et

¹²Emmanuel Bonnet, Université de Lille1, Support de cours ArcGis 9.XX,

d'opérateurs SIG. Il peut également être étendu en possédant des extensions optionnelles offrant des fonctions spécialisées. Par exemple:¹³

- L'extension Spatial Analyst ajoute une fonction de géotraitement et de modélisation raster.
- L'extension 3D Analyst ajoute de nombreuses fonctions SIG 3D ainsi que des applications de visualisation.
- L'extension Data Interoperability permet d'utiliser directement des dizaines de formats de données SIG dans ArcGIS.

En plus de ça, ESRI offre un produit destiné aux développeurs offrant un système complet permettant de développer des applications à l'aide d'ArcGIS. Il fournit un environnement de programmation unifié et des outils permettant aux développeurs d'effectuer les opérations suivantes

- Incorporer une logique SIG et une fonction de cartographie dans d'autres applications,
- Construire et déployer des applications et des extensions ArcGIS Desktop personnalisées,
- Configurer et personnaliser des produits ArcGIS tels qu'ArcView, ArcEditor et ArcInfo,
- Étendre l'architecture ArcGIS et le modèle de données.¹⁴

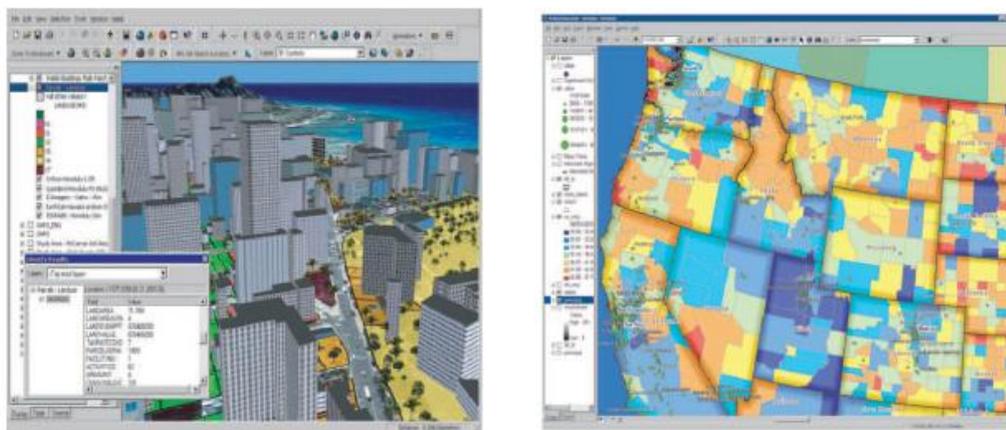


Figure n°11: Deux des applications incluses dans Arc-Gis Desktop: Arc-Glob et Arc-map
Source : www.grindgis.com/blog/top-7-arcgis-tutorials-websites

11. Aperçu sur la méthode de Géo-référencement de la carte de la ville d'Ain Smara (Cas d'étude n°I):

Aux quatre points déterminant les limites de la ville schématiquement matérialisés sont affectées les coordonnées géographiques sus-citées à savoir la longitude et la latitude indiquées par X et Y (Figures n°13 et 14). Après avoir affecté les quatre coordonnées, il est extrêmement important que la marge d'erreur cartographique soit minime.

¹³ Qu'est-ce que ArcGIS ? **Cité dans** www.esrifrance.fr

¹⁴ Qu'est-ce que ArcGIS ? **Cité dans** www.esrifrance.fr

Une fois la carte enregistrée selon des références géographiques précises, elle est tout de suite reconnue par le SIG en tant que nouvelle "table" qui sera éventuellement la base de plusieurs cartes thématiques nécessaires aux analyses de la zone d'étude.

11.1. Saisie des points de calage

D'une façon générale, il va s'agir de rechercher des relations entre des points caractéristiques présents dans l'image et leur position réelle à la surface du globe : ce sont les points de références (aussi appelés « points d'amer » ou « points de calage »).

La qualité du géo référencement dépendra de la précision de la localisation des points d'amer, de leur nombre ainsi que de leur répartition.

Ensuite, il faut retrouver leur emplacement sur une couche (raster ou vecteur) déjà géo référencée. Il en faut au minimum 4 points.¹⁵

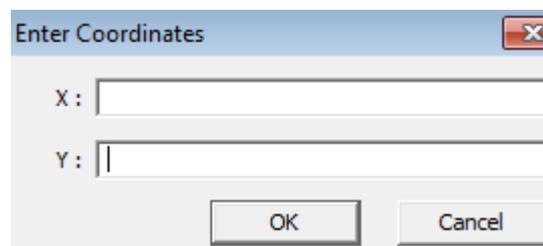


Figure n°12: Enregistrement de la vue aérienne selon des références géographiques

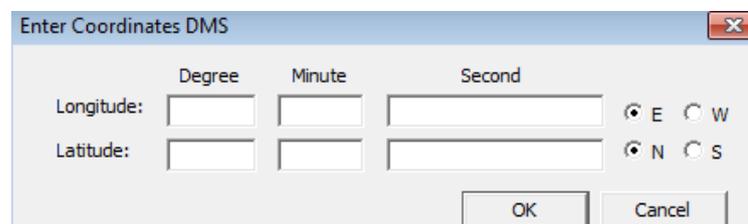


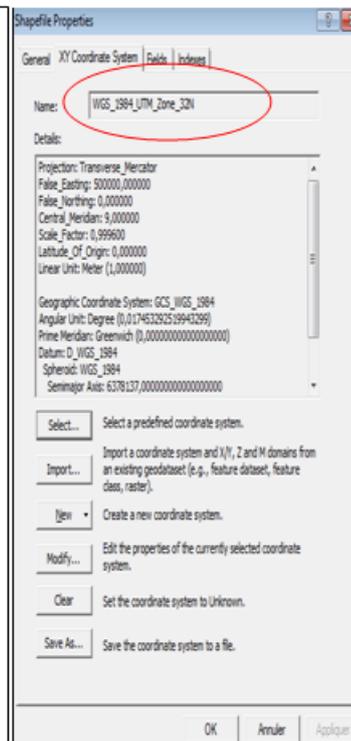
Figure n°13: Introduction des références géographique de la ville (latitude et longitude)

¹⁵Berrabah Abderrahim, Aide pour le logiciel ArcGis, (Ingénieur d'état en informatique) **cité dans** www.amineberrabah.files.wordpress.com



Figure n°14: Reconnaissance de la carte géo-référencée de la ville par le SIG

Il faut savoir que l'image exportée l'est automatiquement dans le système de coordonnées utilisé à cet instant par le SIG (on peut le retrouver dans les propriétés du bloc de données si aucun système n'est défini ou si ce système ne correspond pas à celui utilisé pour calculer les coordonnées des points d'amer dans le cas d'un géo-référencement à partir de coordonnées connues.), il nous reste encore une étape : La définition de la référence spatiale. Cette tâche est assurée par l'application "ArcCatalog" liée à "l'ArcGis". Ainsi et en ce qui concerne la ville d'Ain Smara, les références spatiales affectées à la carte de la ville correspondent au système universel utilisé en Algérie à savoir WGS_1984 relatif évidemment à la zone 32 de l'hémisphère Nord du globe terrestre .



ANNEXE II

*Synthèse du PDAU d'Ain Smara
La dimension morpho-climatique de la
densité urbaine*

1. Généralités sur le PDAU

1.1. Définition

Le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) est un instrument de planification spatial et de gestion urbaine. Il fixe les orientations fondamentales de l'aménagement du territoire, de la ou des communes concernées en tenant compte des schémas d'aménagement et plans de développement. il définit les termes de références du plan d'occupation des sols¹⁶.

1.2. Objectifs

- Détermine la destination générale des sols sur l'ensemble du territoire d'une ou d'un ensemble de communes par secteur.
- Définit l'extension des établissements humains, la localisation des services et des activités, la nature et l'implantation des grands équipements et infrastructures.
- Détermine les zones d'intervention sur les tissus urbains et les zones à protéger¹⁷. (voir art du 20 au 23)

1.3. Contenu

Il se compose d'un rapport d'orientation et des documents graphiques. Le rapport doit impérativement présenter:

- L'analyse de la situation existante et les principales perspectives de développement compte tenu de l'évolution économique, démographique, sociale et culturelle du territoire considéré.
- La partie d'aménagement proposée compte tenu des orientations en matière d'aménagement du territoire.
- Un règlement qui fixe les règles applicables pour chaque zone comprise dans les secteurs¹⁸.

1.4. Le rôle du PDAU dans la définition de la densité urbaine:

Parmi les orientations du PDAU, la réglementation urbaine en l'occurrence le décret exécutif 91-177 du 28 Mai 1991 cite un détail en rapport avec la densité urbaine. En effet, le PDAU doit déterminer une densité générale exprimée par le coefficient d'occupation du sol (COS)¹⁹.

2. Généralités sur le POS

¹⁶ Loi 90-29 du 01 décembre 1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme, article n°16

¹⁷ Loi 90-29 du 01 décembre 1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme, article n°18

¹⁸ Journal officiel n°26 du Samedi 01 Juin 1991. Décret exécutif n° 91-177 du 28 mai 1991 fixant les procédures d'élaboration et d'approbation du PDAU et le contenu des documents y afférents, article n° 17

¹⁹ Journal officiel n°26 du Samedi 01 Juin 1991. Décret exécutif n° 91-177 du 28 mai 1991 fixant les procédures d'élaboration et d'approbation du PDAU et le contenu des documents y afférents, article n° 17

2.1. Définition

Le plan d'occupation des sols (POS) est un instrument d'aménagement et d'urbanisme opérationnel et de détails. Il fixe de façon détaillée le droit d'usage des sols et de construction. Le POS vient compléter, détailler et éventuellement corriger les orientations du PDAU²⁰.

2.2. Objectifs

- Il fixe pour les secteurs concernés la forme urbaine, l'organisation, les droits de construction et d'utilisation du sol.
- Il détermine les règles concernant l'aspect extérieur des constructions

2.3. Contenu²¹

Il se compose d'un rapport d'orientation et des documents graphiques. Le rapport doit:

- comporter une note de présentation dans laquelle sera justifiée la compatibilité des dispositions du POS avec celle du PDAU ainsi que le programme retenu par les communes en fonction de leurs perspectives de développement.
- Préciser la partie de règles fixant pour chaque zone homogène la nature et la destination des constructions autorisées ou celles interdites, les droits de construire attachés à la propriété du sol exprimés par le COS et le CES.
- Le règlement précise également les conditions de l'occupation de sols liées aux:
 1. Accès et voiries
 2. Dessertes par les réseaux
 3. Caractéristiques des terrains
 4. Implantation des constructions par rapport aux voies et emprises publiques
 5. Implantation des constructions par rapport aux limites séparatives
 6. Implantation des constructions les unes par rapport aux autres
 7. Hauteurs des constructions
 8. Aspect extérieur
 9. Stationnement
 10. Espaces libres et plantations.

2.4. Le rôle du POS dans la définition de la densité urbaine:

- Parmi les orientations du POS, la réglementation urbaine en l'occurrence la loi 90-29 du 1^{er} décembre 1990 cite un détail en rapport avec la densité urbaine. En effet, le POS doit définir

²⁰ Loi 90-29 du 01 décembre 1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme, *article n°16*

²¹ Journal officiel n°26 du Samedi 01 Juin 1991, décret exécutif n° 91-178 du 28 mai 1991 fixant les procédures d'élaboration et d'approbation du POS, chapitre III, *article n° 18*.

la quantité minimale et maximale de constructions autorisée exprimée en mètre carré de planchers hors œuvre ou en mètre cube de volume bâti²².

3. PDAU de la commune d'Ain Smara

3.1. Surface et limites

Le PDAU de la commune d'Ain Smara respectant les limites administratives de celle-ci est une partie intégrante de l'étude du PDAU intercommunal du groupement de Constantine englobant les communes de : Constantine, El Khroub, Hamma Bouziane, Didouche Mourad et Ain Smara. Ain Smara est l'une des 12 communes de la wilaya de Constantine. Elle est limitée administrativement par:

- la commune d'Ibn Ziad au Nord.
- la commune de Constantine au Nord-est.
- la commune d'El Khroub à l'Est.
- la wilaya de Mila (communes d'Oued El-Athmania et Oued Seguen) au Sud et au Sud-ouest



Figure n°1 : Situation administrative des 12 communes de la wilaya de Constantine

Ain Smara constitue un des trois pôles du triangle dynamique qui ont subi le report de la croissance accélérée de Constantine. Le chef lieu est secondé par un centre urbain qui s'est constitué durant la dernière décade qui devient une agglomération secondaire : Annane Derradji²³. Elle se situe dans

²² Loi 90-29 du 01 décembre 1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme, *article n°31*

²³ PDAU intercommunal du groupement de Constantine, URBACO, 2016

*Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme

**Agglomération chef lieu

***Agglomération secondaire

****Plan d'occupation au sol

les hautes plaines de l'Est Algérien, plus exactement au sud-ouest de Constantine. La commune d'Ain Smara est distante du chef-lieu de wilaya de 15 km et du chef lieu de daïra (El Khroub) de 23 km. Elle est rattachée administrativement à la daïra d'El Khroub.

3.2. Situation de la ville d'Ain Smara dans l'hierarchisation du PDAU:

Les limites du PDAU de la commune d'Ain Smara consistent en les limites administratives de celle-ci. Le territoire communale comporte une agglomération chef lieu (ACL) et une agglomération secondaire nommée Annane Derradji. Le territoire qui reste est celui du monde rural appelé également "Zone éparses". Chaque agglomération (chef lieu ou secondaire) abrite ce que le règlement urbain désigne par "secteur d'urbanisations"²⁴. Chacun de ces derniers est réparti en plan d'occupation au sol (POS) et chaque POS est divisé en zone règlementaire homogène (Figure n°2) comme suit:

PDAU* → (ACL, AS*** secteur urbain, POS****, zone urbaine)**

Ses zones se diversifient chacune par un règlement spécifique lié à la nature de son tissu urbain et au type d'intervention qui lui est préconisé. Parmi les conditions d'occupation du sol de chaque zone doit figurer impérativement le CES et le COS. Quant aux limites de la ville d'Ain Smara, et selon la définition des différents secteurs sus cités, elles ne peuvent être que l'équivalent des limites du secteur urbanisé SU²⁵.

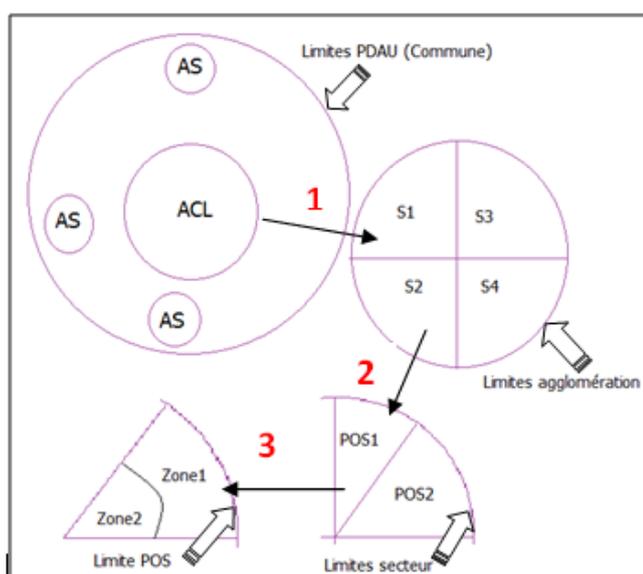


Figure n°2 : Processus de répartition du territoire couvert par le PDAU en ACL, AS, Secteur et zone urbaine

²⁴ Loi 90-29 du 01 décembre 1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme, *article n°19*

²⁵ Direction de l'urbanisme et de la construction de la wilaya de Constantine, 2014.

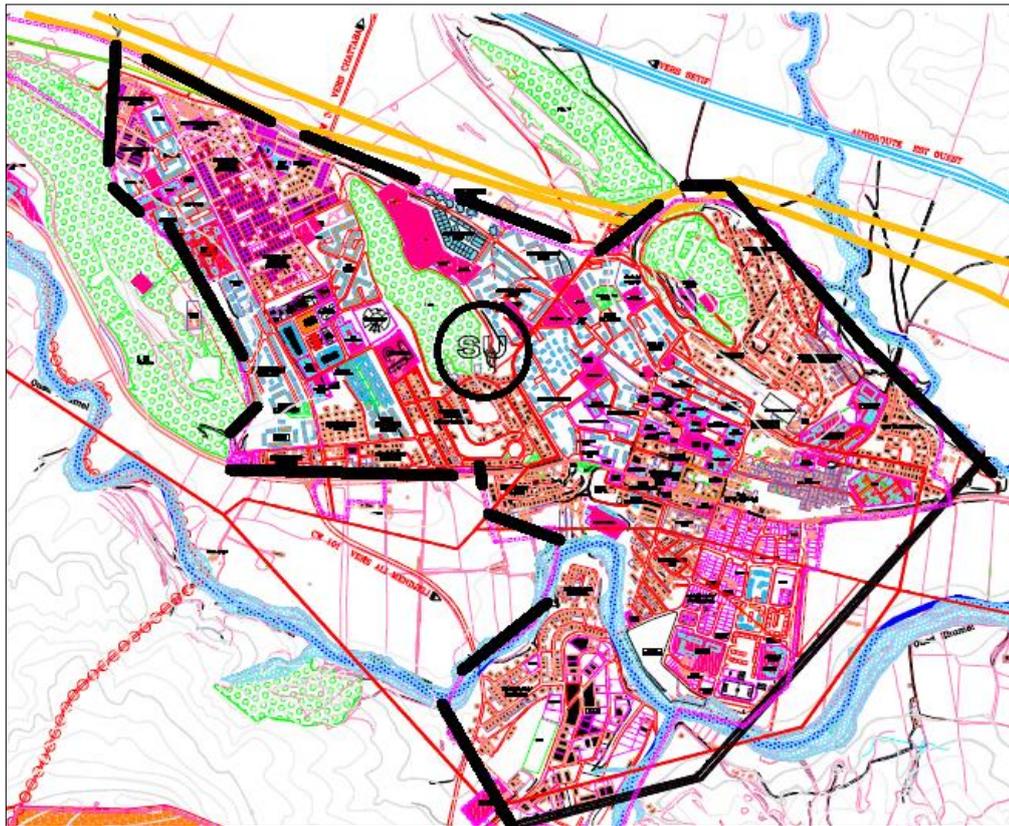


Figure n°3: Limites du secteur urbanisé (SU) de l'ACL d'Ain Smara

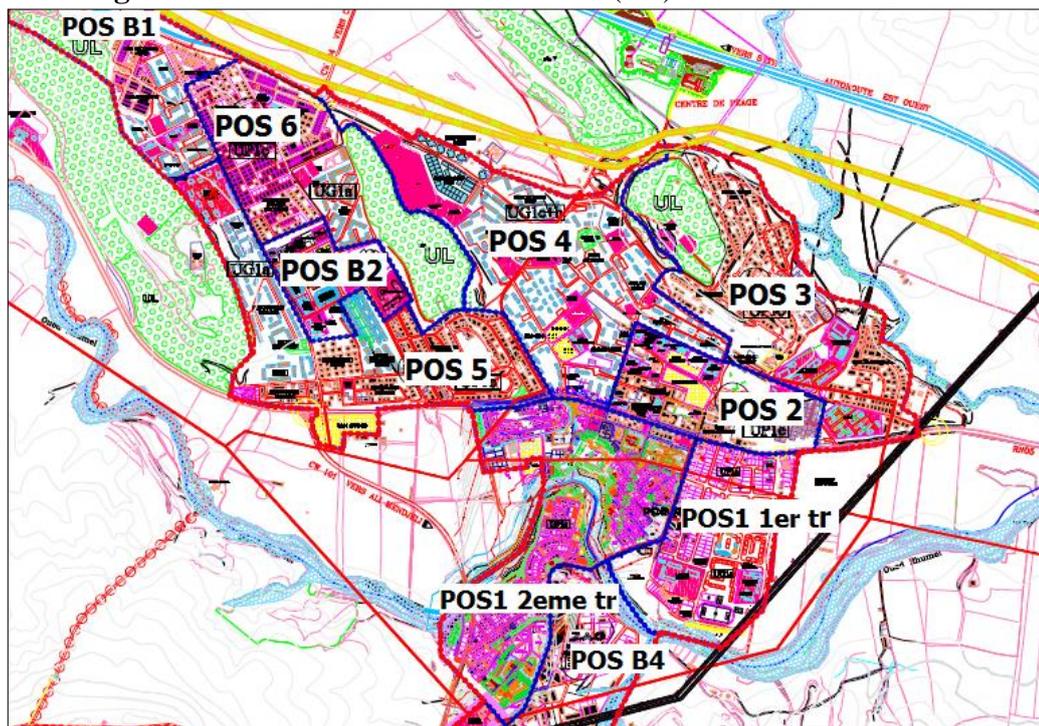


Figure n°4: Répartition du secteur urbanisé (SU) en POS

4. La densité urbaine à Ain Smara telle que traitée par le PDAU:

Le chef lieu de commune a déjà bénéficié de six P.O.S dans le cadre de l'ancien PDAU d'Ain Smara (Voir tableau n°1) d'une superficie totale de 106.5 HA. Ces P.O.S rentrent dans le cadre d'une opération d'aménagement. La totalité des plans d'occupation des sols de l'ACL sont lancés et la majorité est réalisée, reste les 02 POS (B1 et B2) qui sont en cours de réalisation.

Tableau 1 : Détails des différents POS de l'ACL d'Ain Smara

P.O.S	INTERVENTION	SURFACE HA	DENSITE BRUTE	COS	ECHEANCE	OBSERVATION
1	A régler	78 HA	/	0.6	Court terme	Tissu urbain exist
2	A régler	70 HA	/	0.6	Court terme	Tissu urbain exist
3	A régler	72 HA	/	0.6	court terme	Tissu urbain exist
4	A régler	74 HA	/	0.6	court terme	Tissu urbain exist
A	A rénover	12HA	41 Logt/Ha	0.8-1.2	court terme	Tissu ancien exist
B	A aménager	25 HA	41 Logt/Ha	0.8-1.2	court et moyen terme	Terrain vierge
B1	A aménager	24.5 HA	41 Logt/Ha	0.8-1.2	court et moyen terme	Z.H.U.N
B2	A aménager	10.9 HA	41 Logt/Ha	0.8-1.2	court et moyen terme	Z.H.U.N
B3	A aménager	13.1 HA	41 Logt/Ha	0.8-1.2	court et moyen terme	Z.H.U.N
B4	A aménager	21 HA	41 Logt/Ha	0.8-1.2	court et moyen terme	Z.H.U.N

En tout cas et selon les informations ci-dessous citées, il est constaté que la notion de densité a été abordée selon plusieurs paramètres:

1. Elle est prise en compte dans son sens "Brut" pour l'ensemble du territoire de l'ACL quelque soit la nature d'occupation du sol.
2. L'évaluation de la densité urbaine est basée sur sa dimension quantitative ayant comme unité le nombre de logement à l'hectare.
3. Le coefficient d'occupation du sol (COS) (quant à lui) est indiqué en tant que simple indice statistique et morphologique sans pour autant montrer son impact sur l'image urbaine obtenue. Le COS en plus n'est jamais lié au CES.

5. La dimension environnementale et climatique:

5.1. La dimension environnementale:

Le PDAU du groupement de Constantine élaboré par le bureau d'étude "URBACO" s'est référé à plusieurs textes règlementaires ayant trait particulièrement à la protection de l'environnement et au développement durable notamment les textes suivants:

- La loi n°83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement.
- La loi 01-20 du 12/12/2001 relative à l'aménagement du territoire et au développement durable
- La loi 03-01 du 17/02/2003 relative au développement durable du tourisme.
- La loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
- La loi n° 06-06 du 20 février 2006 portant loi d'orientation de la ville
- La loi n° 07-06 du 13-05-2007 relative à la gestion, à la protection et au développement des espaces verts.
- Le décret exécutif n°90-78 du 27 Février 1990 relatif aux études d'impact sur l'environnement.

Toutefois, il est constaté qu'au niveau de la variante d'aménagement adoptée et également à travers le règlement mise en place pour chaque zone urbaine au niveau de l'ACL, la prise en charge de la question environnementale est quasi absente.

5.2. La dimension climatique²⁶

Une présentation des données climatique pour la région de Constantine vient enrichir l'analyse du milieu physique de la zone étudiée et cela au niveau de la phase 1 du présent PDAU intercommunal. En se basant ainsi sur les données climatiques et météorologiques de l'office national de météorologie (ONM) d'Ain El Bey pour la période comprise entre 1988 et 2005, et l'agence nationale de ressources hydrauliques (ANRH) pour son édition de l'an 1993 notamment pour tout ce qui concerne les précipitations et les cartes pluviométriques. Toutefois, il est bien constaté que ces données définies, interprétées et analysées par la bureau d'étude n'ont pas été exploitées par le celui-ci lors de la mise en place du règlement urbain. Dans ce sens, il a été mentionné que "*Les facteurs climatiques ont un impact permanent sur la vie sociale et économique d'une région ; dans le contexte de cette étude, il a été jugé utile de révéler aux travaux de l'ONM* et de*

²⁶ PDAU intercommunal du groupement de Constantine, URBACO, 2016

*Office national de météorologie

**Agence national des ressources hydriques

L'ANRH**²⁷.L'impact des paramètres climatiques sur la morphologie urbaine ne figurait pas hélas parmi les objectif de cette étude de PDAU. Ceci dit que la méthodologie d'approche et les objectifs tracés tout à fait au départ de cette étude est ancienne et classique malgré que cette étude de PDAU est la révision d'une autre étude qui existe depuis des années.

5.3. Données climatiques présentées a la phase I²⁸ :

5.3.1. Précipitations

La précipitation est la totalité de la lame quantifiée par la pluviométrie ; elle est d'origines divers : pluie, neige etc.

✓ Précipitations moyennes annuelles

La carte pluviométrique de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H) (Edition1993) montre globalement une répartition décroissante des précipitations du Nord vers le Sud, et d'Ouest vers l'Est. En effet dans le groupement des communes la précipitation varie entre 450mm et 500mm ; et le tableau suivant mentionne les variations annuelles des précipitations de la station d'Ain El Bey pour une période (1988-2005) :

Année	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
P(mm)	360,8	419,8	347,8	392,8	256,6	536,9	521	264,1	426,4	506,5	570,3	514,2	390,5	463,5	485,2	534,6	451,6	391,4

Tableau 1 : Pluie annuelle totale en (mm)

✓ Précipitations moyennes mensuelle et saisonnière

saison	Automne			Hiver			Printemps			Ete			Année
Année-mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOUT	
Station Ain El Bey	40,51	35,27	63,39	65,11	72,7	59,5	38,65	45,14	35,91	21,74	4,83	10,69	493,48
	139,17			197,35			119,7			37,26			

Tableau 2 : Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières

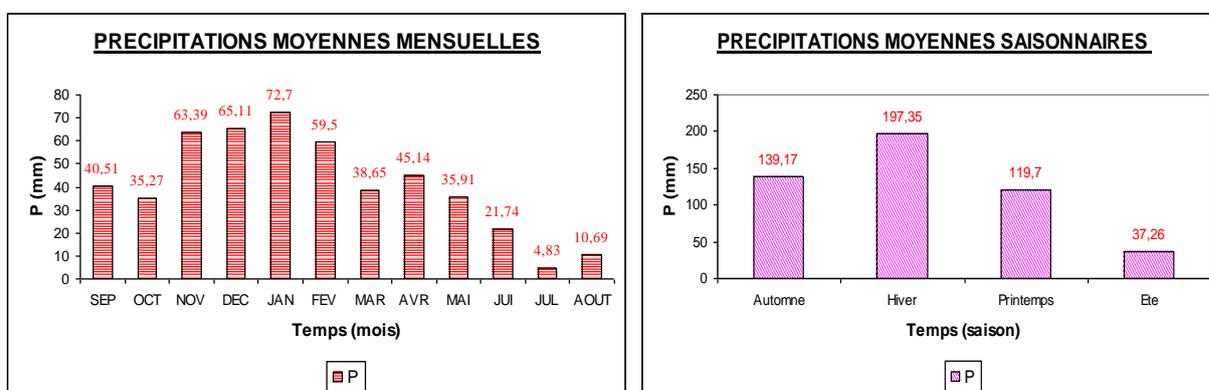


Figure n°5: Précipitations à la ville d'Ain Smara

²⁷ PDAU intercommunal du groupement de Constantine, URBACO, 2016

²⁸ PDAU intercommunal du groupement de Constantine, URBACO, 2016.

Pour la série (1988-2005) on note que la pluviométrie est importante au mois de janvier (plus de 72mm) tandis que le mois de Juillet est la plus sec avec 4.83mm de précipitation.

La saison la plus pluvieuse concernant l'hiver avec 197.3mm de précipitations; et la plus sèche concerne l'été avec 37.26mm de précipitations.

5.3.2. La température

saison		Automne			Hiver			Printemps			Ete		
station	Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	MA	JU	J	At
Ain Bey	Tmax(°c)	23,1	20,2	12,7	9,6	9,1	9,7	14,3	14,7	21	24,9	27,1	28,8
	Tmin(°c)	19,3	14,5	10	0	4,6	5,5	8,6	10,3	16,2	19,4	24,6	24,5
	Tmoy(°c)	21,2	17,35	11,35	4,8	6,85	7,6	11,45	12,5	18,6	22,3	25,85	26,65
	Tsais(°c)	16,6			6,417			14,18			25		

Tableau 3 : Températures moyennes mensuelles et saisonnières

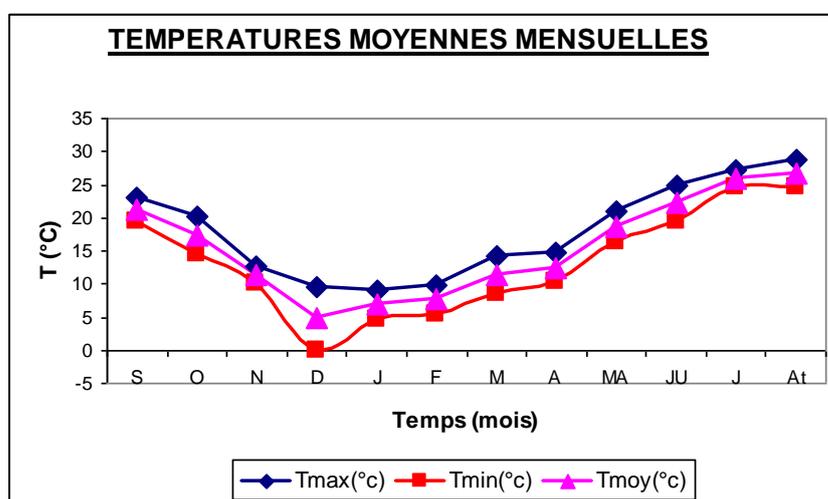


Figure n°6: Température de l'air selon les services de la météo à la ville d'Ain Smara. Nous avons utilisé pour les données des températures les valeurs de la période allant de 1988-2005; le tableau et le graphe précédant montrent les variations mensuelles des températures (minimale, moyenne et maximale); dont on remarque le mois le plus froid est celui de Décembre avec une température de 4.8°C et le mois le plus chaud est celui d'Août de 26.65°C. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 15.54°C.

5.3.3. Rapport : Précipitation-Température

La température et précipitation sont les facteurs déterminants du climat. La détermination des périodes sèches et humides est importante pour prévoir le changement des besoins en eau d'irrigation et potable aussi le régime climatique de la région étudiée.

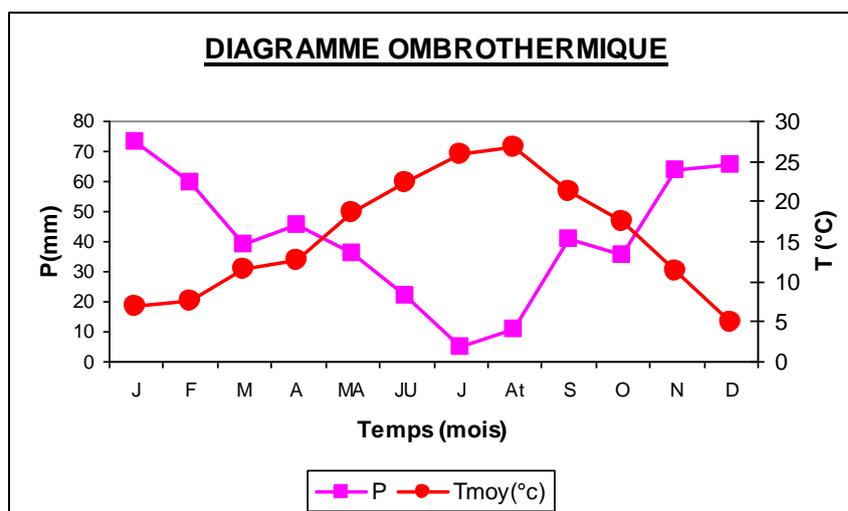


Figure n°7: Rapport précipitation/température à la ville d'Ain Smara
D'après le diagramme Ombrothermique la période sèche s'étale de la fin de mois de Mai jusqu'à la fin de mois d'Octobre (4mois).

La délimitation de cette période est une grande utilité pour la connaissance de la période déficitaire en eau et donc pour prévoir les besoins en eau pour l'irrigation. Selon **G. Euverte** le rapport entre les précipitations et les températures (P/T) qui est établi mensuellement permet de suivre l'évolution de l'humidité du sol. Lequel permet ainsi de définir quatre types de régimes à savoir :< >

- Si $P/T < 1$cela entraîne un régime très sec ;
- Si $1 < P/T < 2$ cela entraîne un régime sec ;
- Si $2 < P/T < 3$ cela entraîne un régime sub-humide ;
- Si $P/T > 3$ cela entraîne un régime humide.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	MA	JU	J	At
P(mm)	40,51	35,27	63,39	65,11	72,7	59,5	38,65	45,14	35,91	21,74	4,83	10,69
Tmoy(°c)	21,2	17,35	11,35	4,8	6,85	7,6	11,45	12,5	18,6	22,3	25,85	26,65
P/T	1,91	2,03	5,59	13,56	10,61	7,83	3,38	3,61	1,93	0,97	0,19	0,40

Tableau 4 : Valeurs du rapport « P/T » à la station de Ain El Bey

5.3.4. Humidité relative de l'air:

L'humidité moyenne est définie comme étant un mélange de vapeur d'eau et de gaz dont les proportions sont définies aux mêmes conditions de température exprimé en « % ». Elle joue un rôle très important dans le cycle hydrologique, car non seulement elle indique l'état plus ou moins proche de la condensation de l'atmosphère mais également elle contrôle le taux d'évaporation du sol et la couverture.

Le tableau suivant montre que le maximum de l'humidité est observé au mois de Janvier et Décembre (79%) et le minimum au N°mois de Juillet (50%).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	MA	JU	J	At
humidité	63	68	75	79	79	77	75	72	68	58	50	51

Tableau 5 : Humidité moyenne mensuelle

5.3.5. Durée d'insolation:

L'insolation est l'action du rayon du soleil sur un objet. Elle accélère l'évaporation, elle exprimée en heure.

Pour la région de Constantine en prés les données de la station d'Ain El Bey durant la période (1988-2005) sont rapportées dans le tableau suivant:

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	MA	JU	J	At
durée d'insolation	250	213	166	153	153	169	206	236	283	307	338	312

Tableau 6 : La durée d'insolation enregistrée

Le tableau si dessus, montre que la durée d'insolation atteint sa valeur maximale au mois de Juillet (338 heures); par contre au mois de Janvier et Décembre atteint sa valeur minimale (153 heures).

5.3.6. L'évaporation:

C'est la transformation d'un liquide en vapeur; elle exprime en (mm). Et pour la région de Constantine, le maximum d'évaporation est enregistré au mois de Juillet (188mm), et le minimum au mois de Décembre (43mm).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	MA	JU	J	At
Evaporation	125	87	59	43	45	47	59	72	101	142	188	168

Tableau 7 : Moyenne mensuelle de l'évaporisation

5.3.7. Le vent:

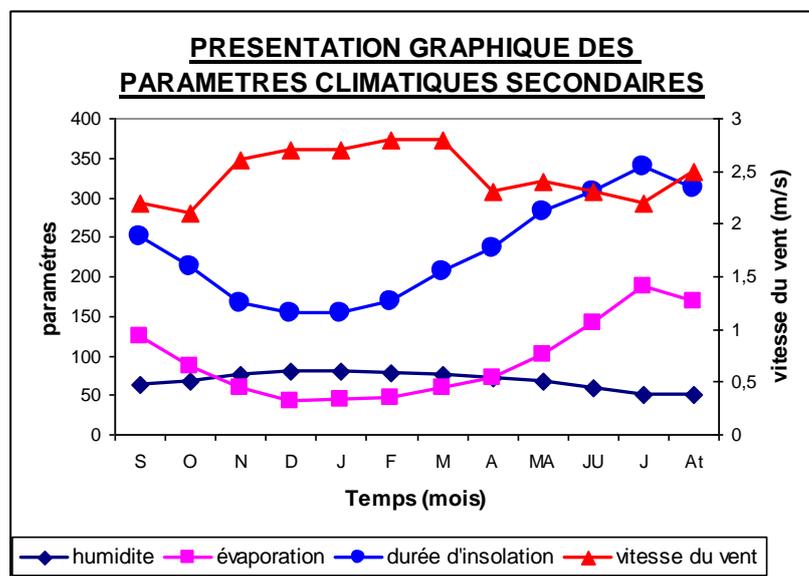
Les vents résultant des mouvements des masses d'air dans l'atmosphère, ils influent directement sur le climat; la région de Constantine est soumise aux actions des vents dominants du Nord-ouest qui sont responsables surtout des pluies.

L'absence de végétation favorise l'érosion éolienne et l'évaporation .Les vents du Nord-est sont secs et parfois humides.

Le tableau suivant représente les moyennes mensuelle en (m/s) enregistre à la station de Ain El Bey pour la période (1988-2005) ou la vitesse maximale du vent enregistré aux mois de Février et mars (2.8m/s) et la vitesse minimal au mois d'Octobre (2.1m/s).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	MA	JU	J	At
vitesse du vent	2,2	2,1	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,3	2,4	2,3	2,2	2,5

Tableau 8 : Variation de la vitesse du vent enregistrée



6. La dimension morphologique

6.1. Règlementation urbaine imposée par la PDAU pour l'habitat individuel (La densité urbaine exprimée par le COS et le CES)

✓ L'ACL:

L'habitat individuel à l'ACL d'Ain Smara s'étend sur une surface de 189 hectares. Occupant ainsi la majorité de l'espace urbain de la ville²⁹. Cette typologie d'habitat est définie par les lettres "UP" qui désigne "une zone urbaine à faible densité". Cette désignation en elle-même suscite une interrogation du moment où l'habitat à faible densité intègre en plus de l'habitat individuel, le petit collectif et le semi collectif. Ainsi, l'habitat individuel déjà existant au niveau de l'ACL est réparti en plusieurs zones : UP1a, UP1c, UP1e détaillées comme suit³⁰:

6.1.1. UP1a : Zone d'habitat individuel à maintenir

Est représentée par de l'habitat individuel dont l'état physique varie du bon au moyen et qui a déjà fait l'objet d'étude d'aménagement (études de POS) et est constituée de deux sous zones :

- la 1^{ère} sous zone est constituée du POS 1, située au sud-est de l'agglomération chef lieu d'une surface de **32 ha**.
- la 2^{ème} sous zone est constituée du POS 2^{ème} tranche, située au sud de l'agglomération

²⁹ Enquête sur terrain (2014)

³⁰ PDAU intercommunal du groupement de Constantine, URBACO, 2016

d'une surface de **52ha**.

Dans cette sous zone, il est nécessaire de respecter les recommandations des études réalisées et approuvées et de veiller à leur application.

La surface globale de cette sous-zone est de **84.00** ha.

Le **COS** général de cette sous-zone ne doit pas dépasser **1,8**.

6.1.2. UP1c : Zone d'habitat individuel à restructurer

Est représentée par des sous zones qui ont déjà fait l'objet d'études d'aménagement (études de lotissements ...).

Elles sont constituées :

Une partie de l'habitat individuel de forme en damier dans un état physique variant du bon au moyen.

- Cité 212 Moumeni Rabah, cité 105 logements, lotissement GERIC, cité El Mountazeh, cité Chems, Auto construction, lotissement Eriad, lotissement 212 logements, lotissement Ghimouz, lotissement wiam, cité évolutive aidée, cité Bounfikha...

La surface de cette sous-zone est de **94.12 ha**. Dans cette zone on doit :

- Appliquer la loi d'achèvement et de mise en conformité (la loi 08-15).
- Respecter les cahiers de charge des lotissements.
- Intervention sur la voirie.
- Aménagement et élargissement de la voie primaire.
- Intervention sur les voiries et les réseaux d'AEP et assainissement.

6.1.3. UP1e : Zone d'habitat individuel à rénover

C'est la zone des terrains urbanisés de l'agglomération chef-lieu, le noyau de l'agglomération d'une superficie de **21.69 ha**. Qui fera l'objet d'interventions suivantes :

6.2. Règlement urbain proposé pour des projection future de l'habitat individuel:

6.2.1. La densité urbaine exprimée par le CES et le COS:

Le PDAU intercommunal du groupement de Constantine a estimé que les extensions future de la commune d'Ain Smara devront se faire au niveau de l'agglomération secondaire Annan Derradji. Toutefois, et en ce qui concerne les prévisions en matière d'habitat, on a proposé la projection de zones d'habitat dites mixtes définies par les lettres G et P qui désignent respectivement le collectif et l'individuel. Cette suggestion inhabituelle et étrangère aux études de PDAU reste insignifiante. On a fixé des CES et des COS "bruts" et "moyen" estimés respectivement à 0,50 et 2,50. Le PDAU est

certes un instrument général, global et trace les grands axes de développement et de planification urbaine des agglomérations, cependant, il n'est certainement pas toléré d'opter pour des choix d'aménagement imprécis voire erronés influant ainsi considérablement sur la qualité de la production urbaine future. Cette proposition est détaillée ci-dessous:

✓ **AS ANNAN DERRADJI³¹**

U (G, P) 2.1: Habitat mixte à créer à court et à moyen terme

- Le **CES** brut moyen à la zone U (G, P) 2-1 est de : 0.50
- Le **COS** brut moyen à la zone U (G, P) 2-1 est de : 2.50.

U (G, P) 2.2: Habitat mixte à créer à court et à moyen terme

- Le **CES** brut moyen à la zone U (G, P) 2-1 est de : 0.50
- Le **COS** brut moyen à la zone U (G, P) 2-1 est de : 2.50

U (G, P) 3: Habitat mixte à créer à long terme

- Le **CES** brut moyen à la zone U (G, P) 3 est de : 0.50
- Le **COS** brut moyen à la zone U (G, P) 3 est de : 2.50
-

6.2.2. La hauteur de constructions:

✓ **L'ACL³²:**

L'aspect géométrique et morphologique de l'habitat individuel tel que définit par la présente étude de PDAU et en plus du CES et du COS est définit également par le rapport H/L (Voir chapitre I), toutefois, le règlement mis en place par le règlement ne cite pas le dimensionnement des voies notamment tertiaires. D'autre part, et comme il a déjà été mentionné ci-dessus, le fait de rassembler les deux typologie d'habitat : individuel et collectif dans une seule zone règlementaire en leur attribuant une hauteur uniforme de 4 niveaux (R+3) est une faille à revoir. Les détails relatifs à la hauteur des constructions sont mentionnés ci-dessous.

✓ **AS ANNAN DERRADJI³³**

U (G, P) 2.1: Habitat mixte à créer à court et à moyen terme

La hauteur des constructions à usage d'habitat à faible densité ne doit pas dépasser 4 niveaux (R+3)

U (G, P) 2.2: Habitat mixte à créer à court et à moyen terme

La hauteur des constructions à usage d'habitat à faible densité ne doit pas dépasser 4 niveaux (R+3)

U (G, P) 3: Habitat mixte à créer à long terme

La hauteur des constructions à usage d'habitat à faible densité ne doit pas dépasser 4 niveaux (R+3)

³¹ PDAU intercommunal du groupement de Constantine, URBACO, 2016

³² Idem réf n°17

³³ Idem réf n°18

ANNEXE III

*ANALYSE CLIMATIQUE DE LA VILLE
D'AIN SMARA*

Sur la base des données de l'office national de météorologie de l'an 2012 de la station météo d'Ain Al Bey, l'analyse climatique suivante a été effectuée:

1.1. Température de l'air :

La température moyenne annuelle est de 16°C, avec 16,5°C en Août pour le mois le plus chaud et 7,2°C en janvier pour le mois le plus froid (Figure n°1).

La courbe des températures moyennes mensuelles évolue d'une manière régulière, les amplitudes ne sont pas très contrastées, par contre l'amplitude des valeurs annuelles est de 30,1°C, ce qui distingue les deux périodes qui forment l'année. Une période très chaude et sèche qui s'étale du mois de juin au mois de septembre, et une autre plus longue caractérisée par le froid et l'humidité et qui s'étale du mois d'octobre au mois de mars, exceptionnellement le mois d'octobre rejoint la courte durée de période où le temps est clément, celle des mois d'avril et mai durant lesquelles les températures sont comprises entre 12 et 18°C et les degrés d'humidité et de précipitations restent moyens pour participer dans l'adoucissement du temps. Les variations diurnes varient entre 13 et 16°C, et peuvent évoluer au delà de 23°C pendant la saison froide (hiver) durant laquelle le thermomètre descend en dessous de zéro.

1.2. Humidité relative :

La courbe de l'humidité relative croît dans le sens inverse que celle des températures et des radiations solaires, les moyennes mensuelles ne dépassent pas 60% pour les périodes humides ce qui laisse penser à un climat hivernal froid et sec (Figure n°1).

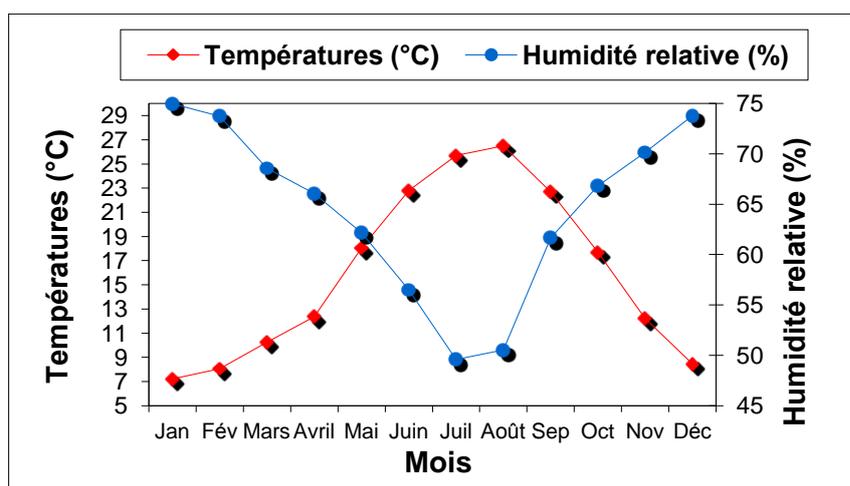


Figure n°1 : Variation moyenne mensuelle de la température et de l'humidité relative de l'air

1.3. Ensoleillement :

L'ensoleillement est considérable. Le nombre d'heures d'ensoleillement pour les périodes chaudes dépasse 14 heures par jour. En hiver il est de l'ordre de 9 ,ceci permet de considérer également l'énergie incidente sur le sol qui à son tour n'est pas négligeable. En été , au mois juillet la quantité d'énergie incidente sur un plan horizontal est de 8818wh/m2.³⁴ (Figure n°2)

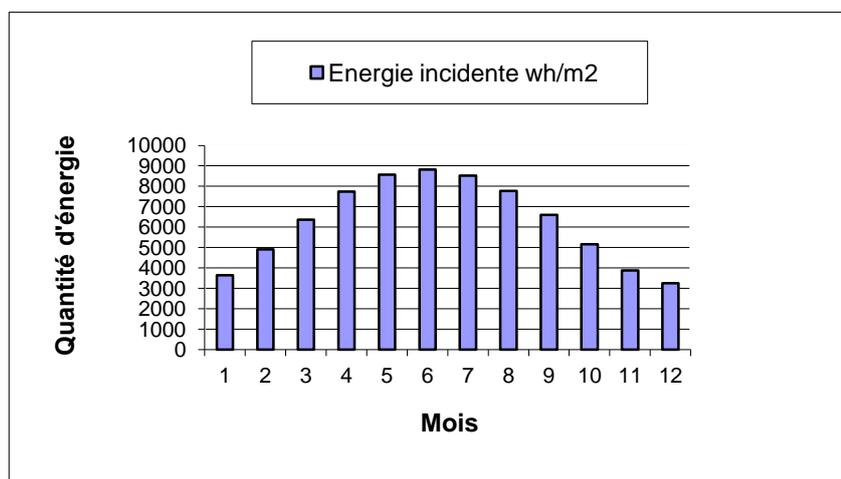


Figure n°2 : Variation moyenne mensuelle de l'énergie incidente (wh/m2)

1.4. Précipitations :

La répartition annuelle des précipitations est marquée par une période courte de sécheresse (quatre mois : juin, juillet, août, et septembre) où les précipitations sont très faibles et si elles existent elles tombent sous forme d'orage, le reste paraît plus humide (Figure n°3).

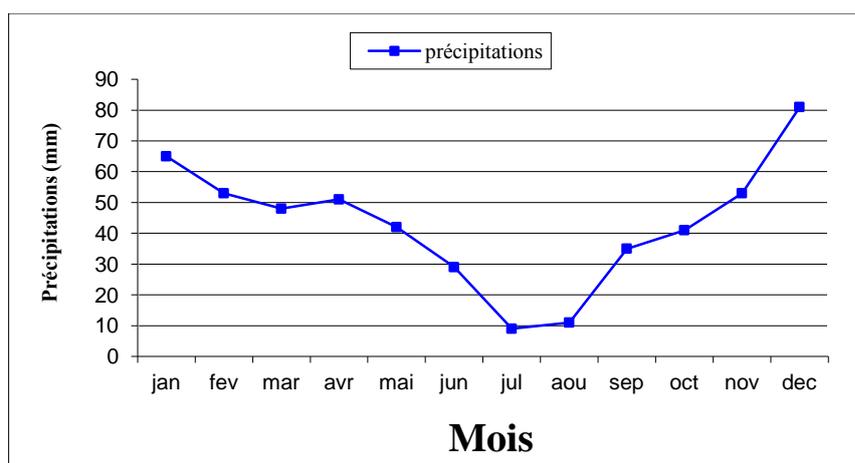


Figure n°3 : Répartition annuelle des précipitations

1.5. Vents :

Les vents qui prédominent Ain Smara sont de direction nord et nord ouest avec des vitesses moyennes qui varient entre 2,3 et 2,9m/s, pour une moyenne annuelle de 2,4m/s, et une fréquence

³⁴ Office national de la météorologie, 2014

moyenne de 45%. Ces vents sont froids et humides pendant la période hivernale. Les vents de sable (sirocco) soufflent au moins une fois par an en été particulièrement (Figure n°4).

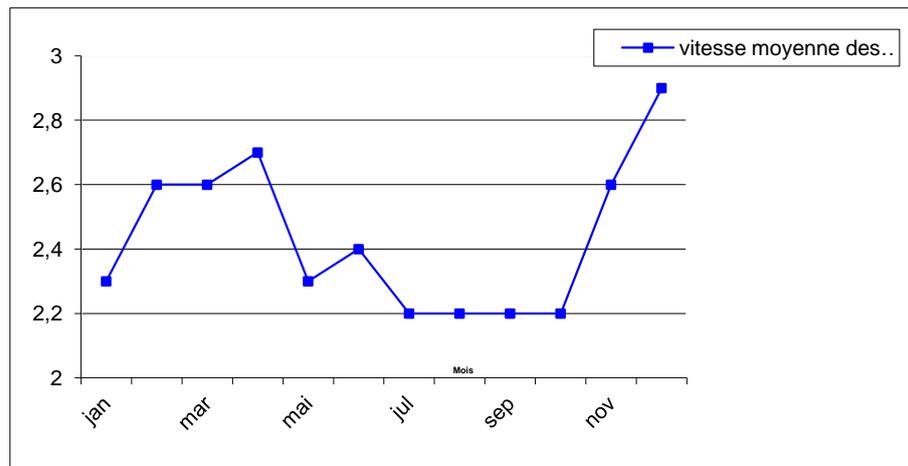


Figure n°4 : Variation de la vitesse moyenne des vents

1.6. Indice d'aridité :

d'après ED.Martonne, l'indice d'aridité est donné par la formule suivante :

$$Ia = P/T + 10 \quad \text{D'où ; } Ia : \text{ est l'indice d'aridité}$$

- P : précipitations annuelles.
- T : température moyenne annuelle

La lecture de cet indice se fait comme suit :

- $Ia < 5$: c'est l'indice d'aridité absolue ou hyper aridité
- $5 < Ia < 10$: c'est l'indice d'aridité
- $10 < Ia < 20$: c'est l'indice de semi aridité

Pour la ville de Constantine on obtient :

$$Ia = 19 \quad \text{on remarque que : } 20 > Ia = 19 > 10$$

Donc le climat d'Ain Smara est qualifié de **SEMI- ARIDE**

ANNEXE IV

*SIMULATION DU MICROCLIMAT DU LOTISSEMENT
INDIVIDUEL (cas d'étude n°2 au
chapitre V) après modification
du CES*

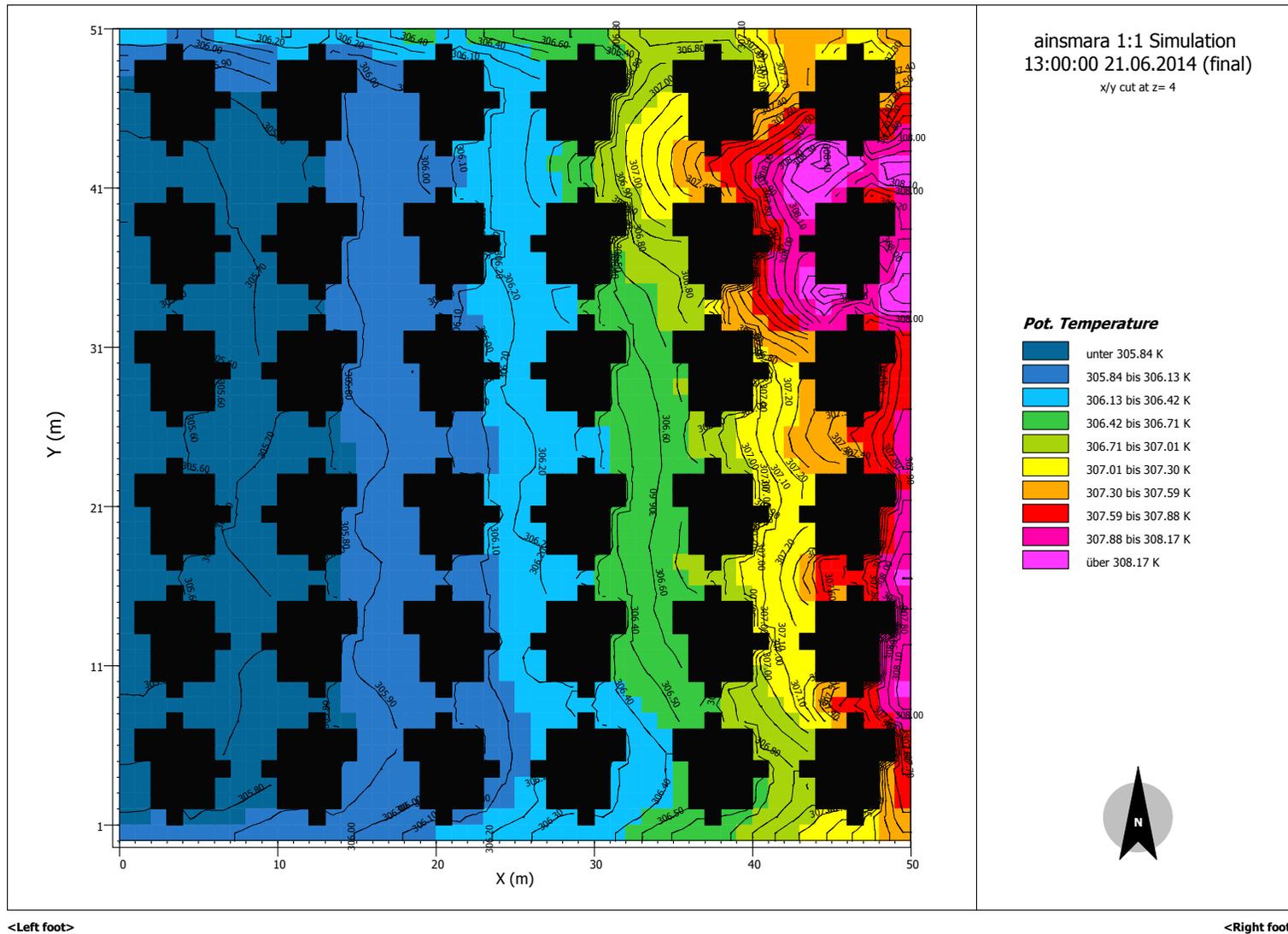


Figure n°1: Température de l'air en été en conservant un CES moyen net réel =0,45
Source : Auteur

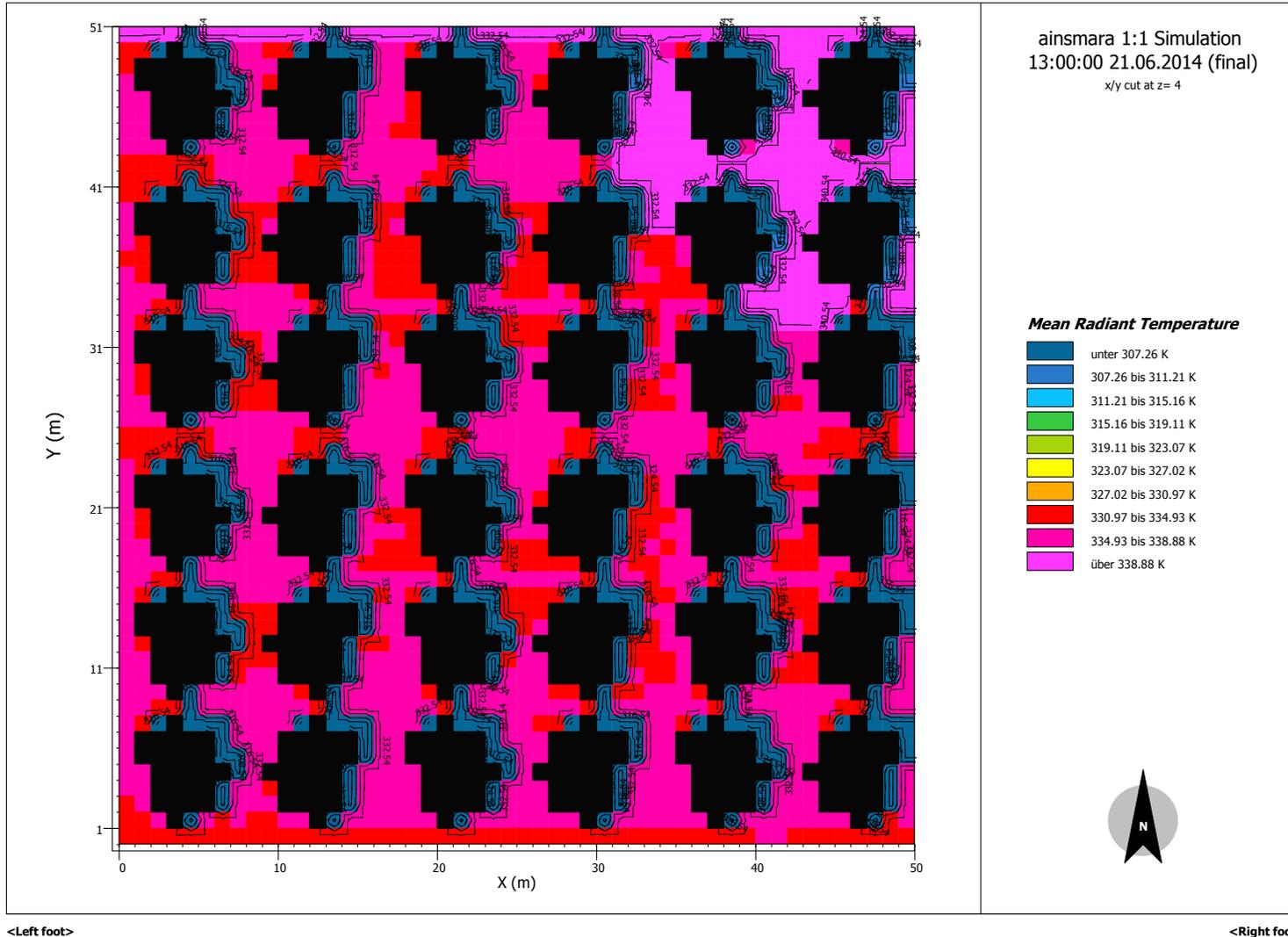


Figure n°2: Température moyenne radiante en été en conservant un CES moyen net réel =0,45
Source : Auteur

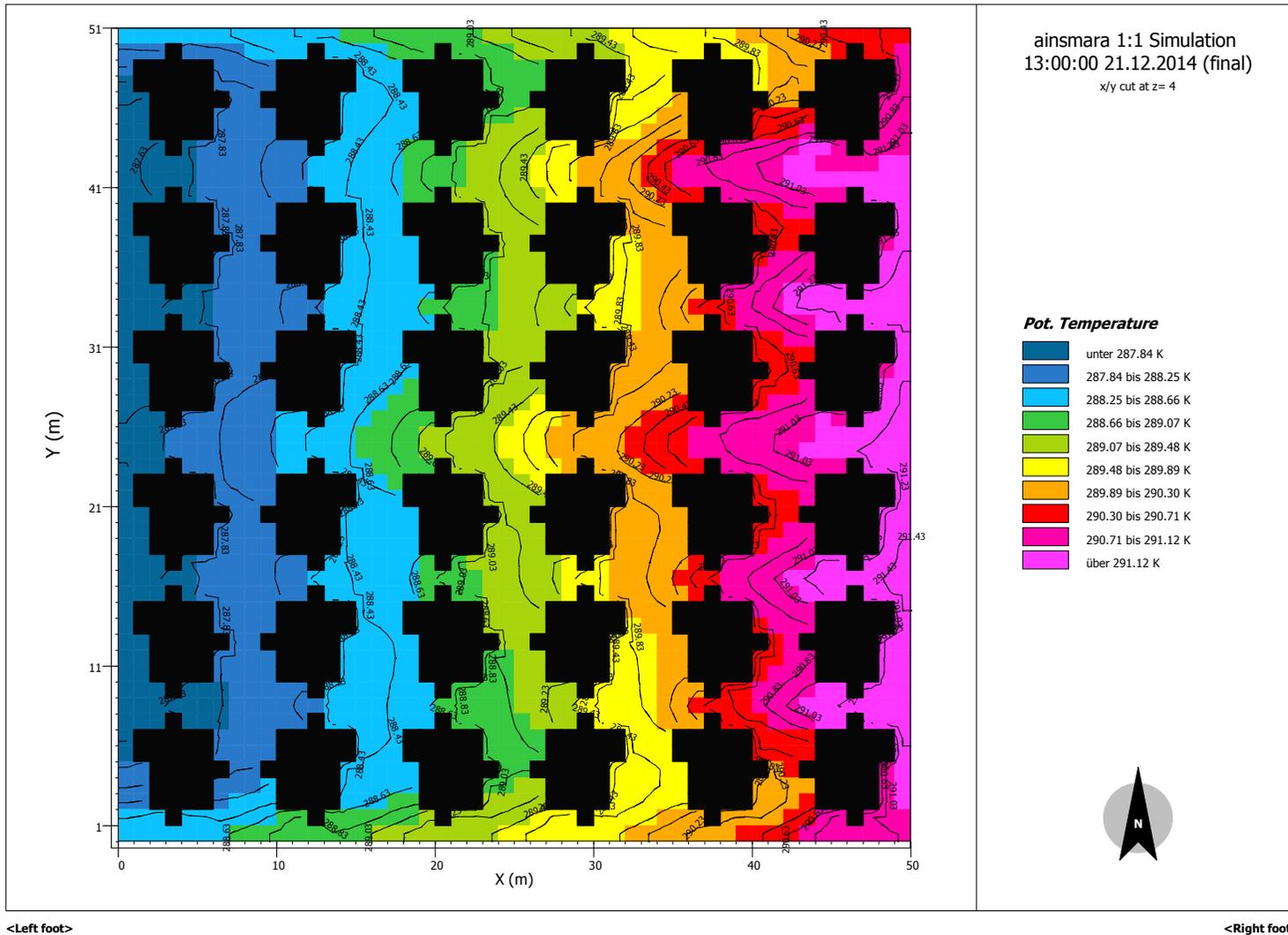


Figure n°3: Température de l'air en hiver en conservant un CES moyen net réel =0,45
Source : Auteur

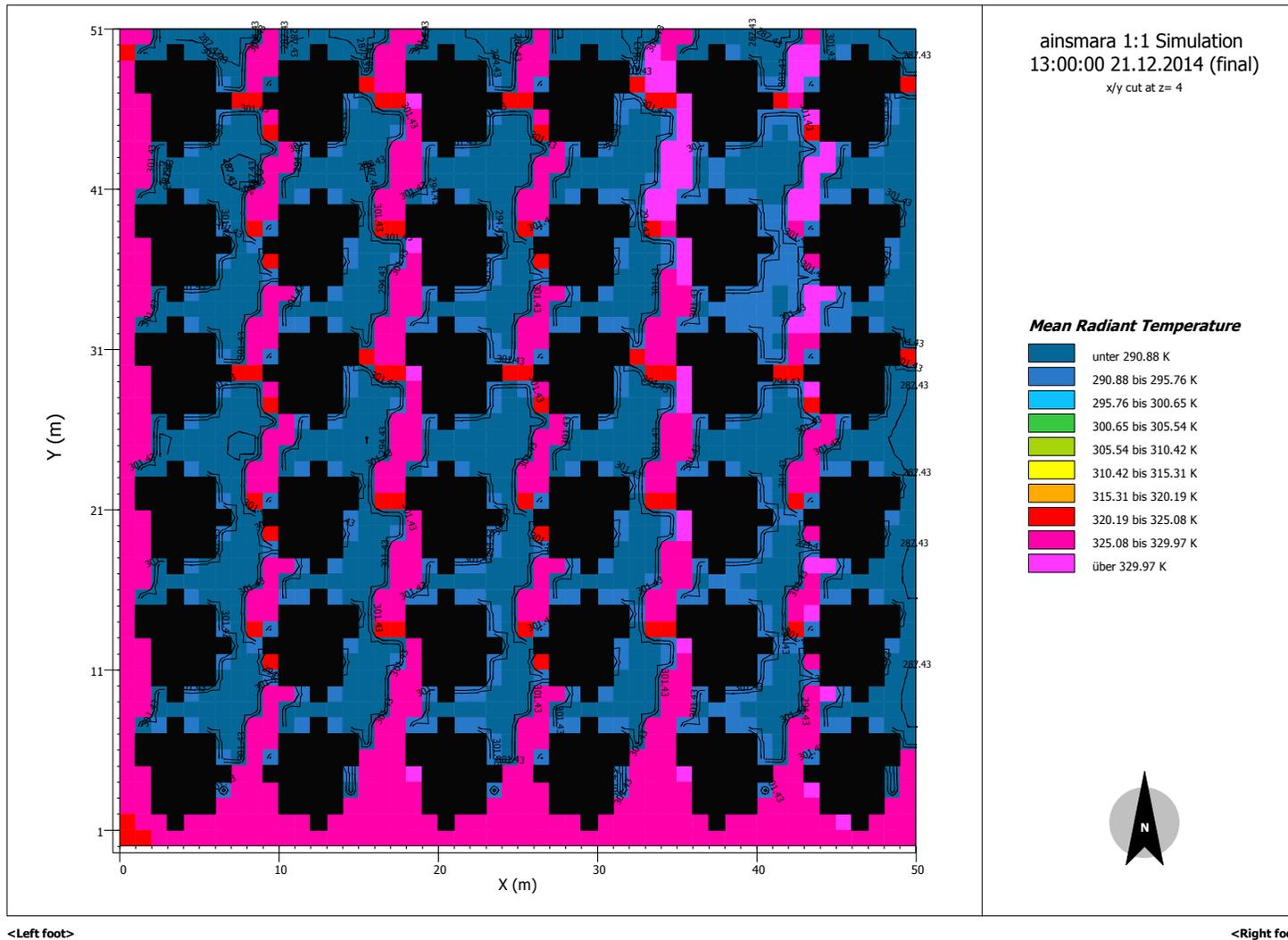


Figure n°4: Température moyenne radiante en hiver en conservant un CES moyen net réel =0,45
Source : Auteur

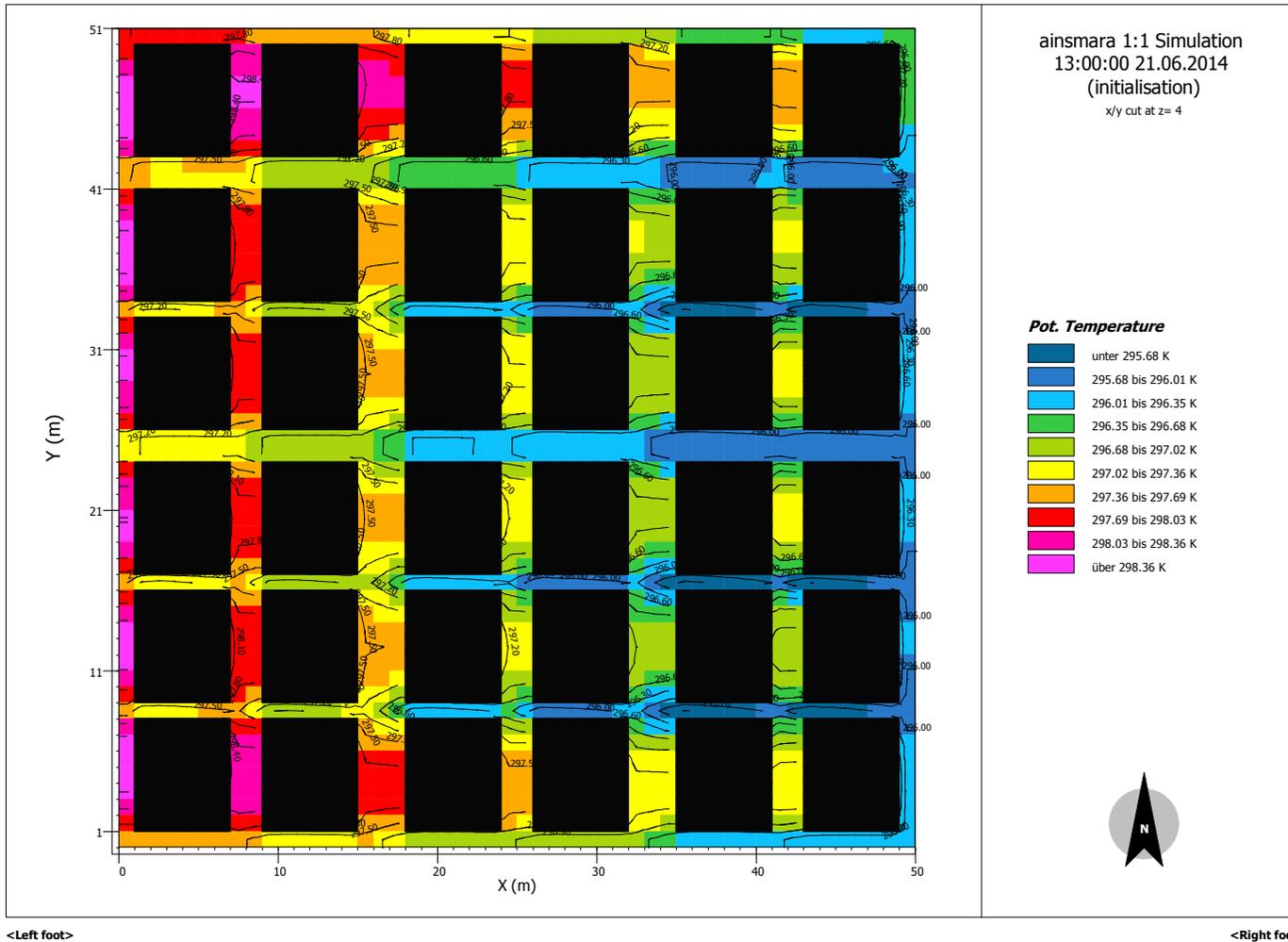


Figure n°5: Température de l'air en été en augmentant le CES moyen net à 0,60
Source : Auteur

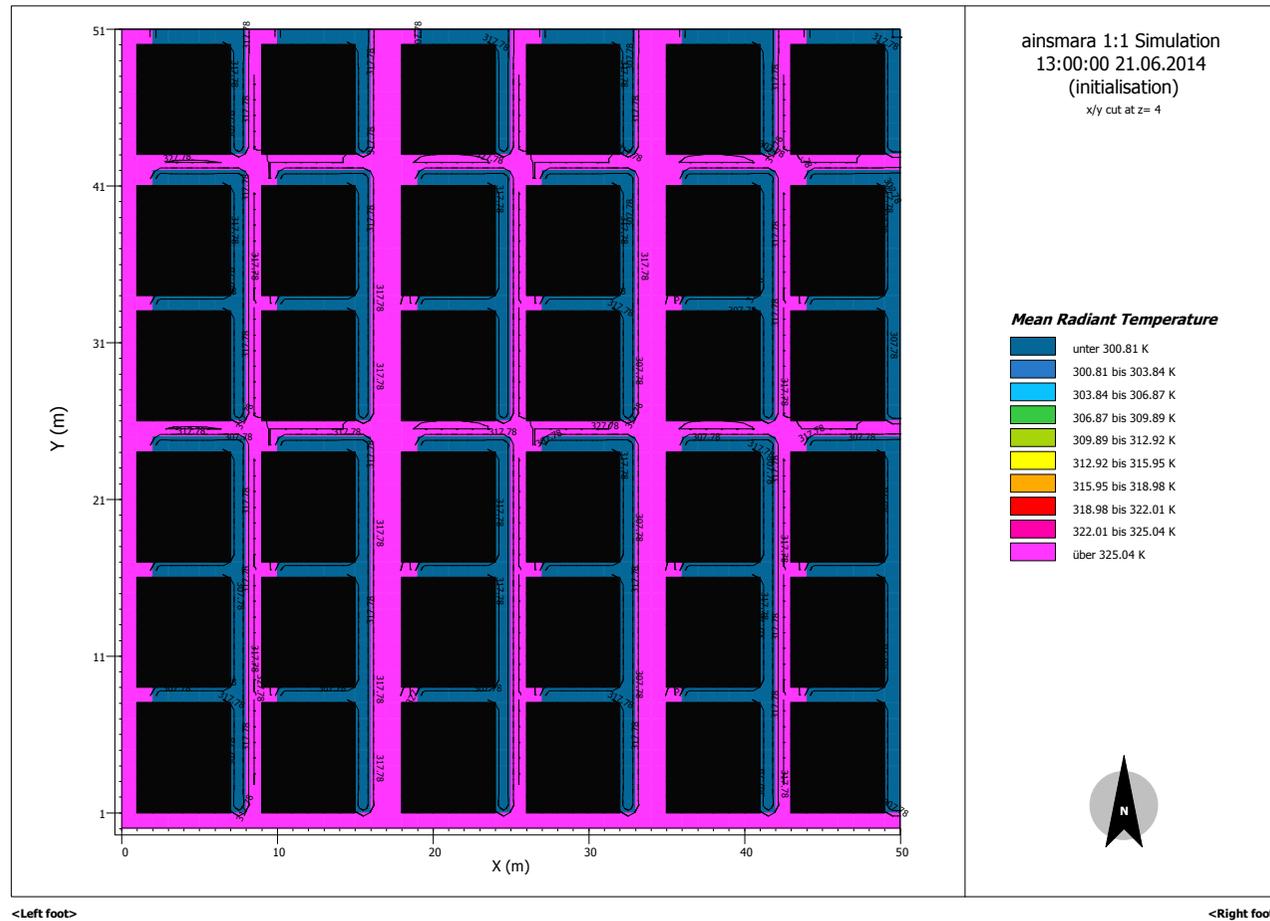


Figure n°6: Température moyenne radiante en été en augmentant le CES moyen net à 0,60
Source : Auteur

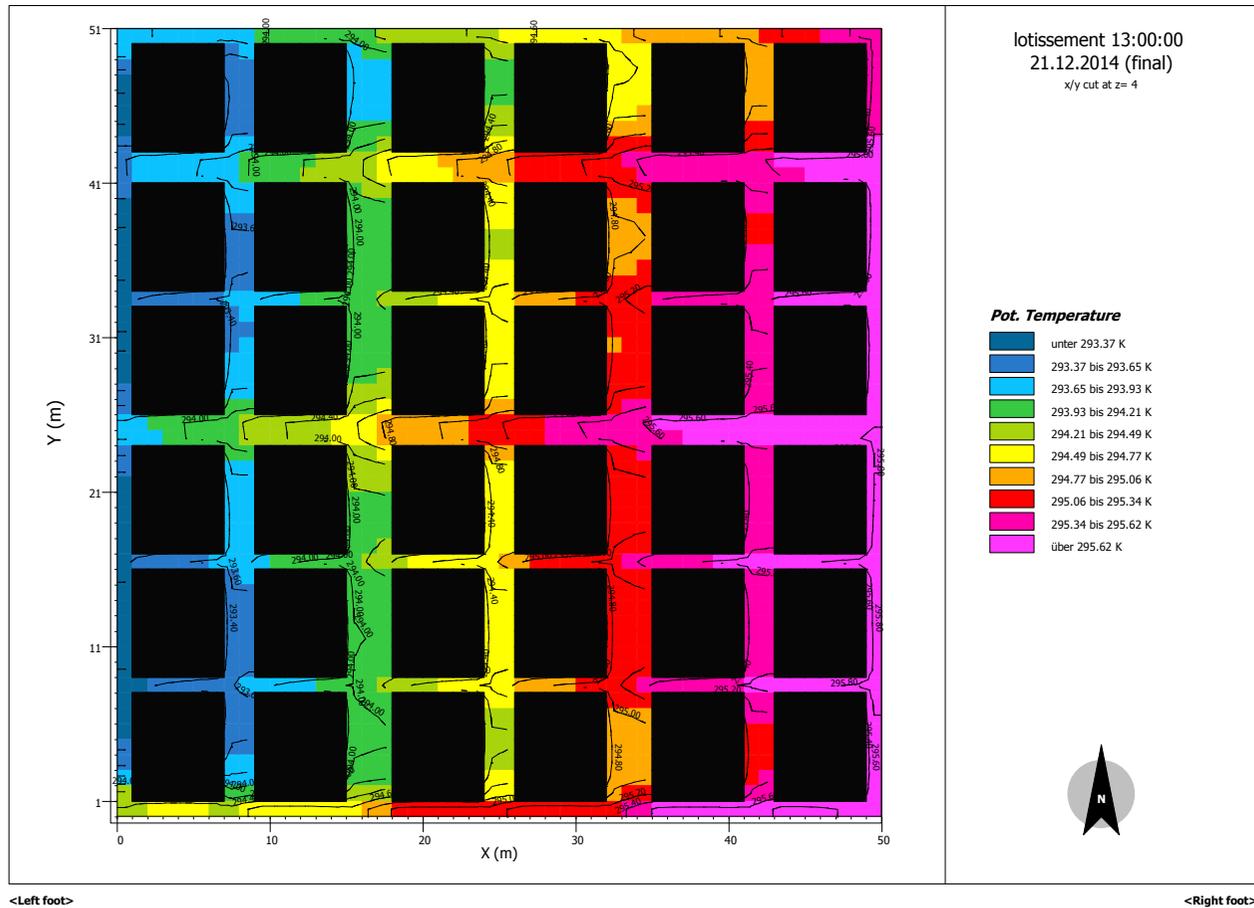


Figure n°7: Température de l'air en hiver en été en augmentant le CES moyen net à 0,60
Source : Auteur

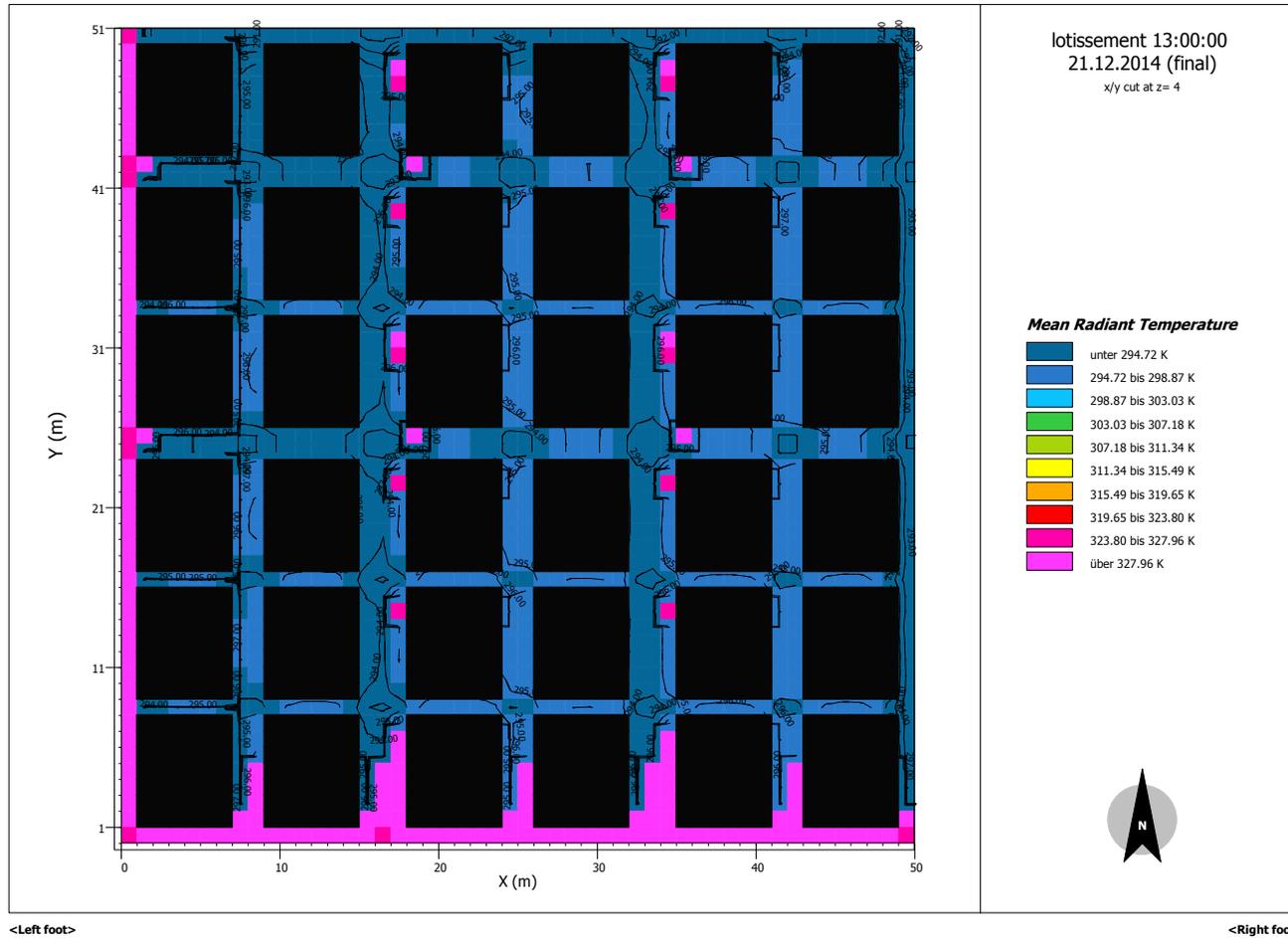


Figure n°8: Température moyenne radiante en hiver en augmentant le CES moyen net à 0,60
Source : Auteur

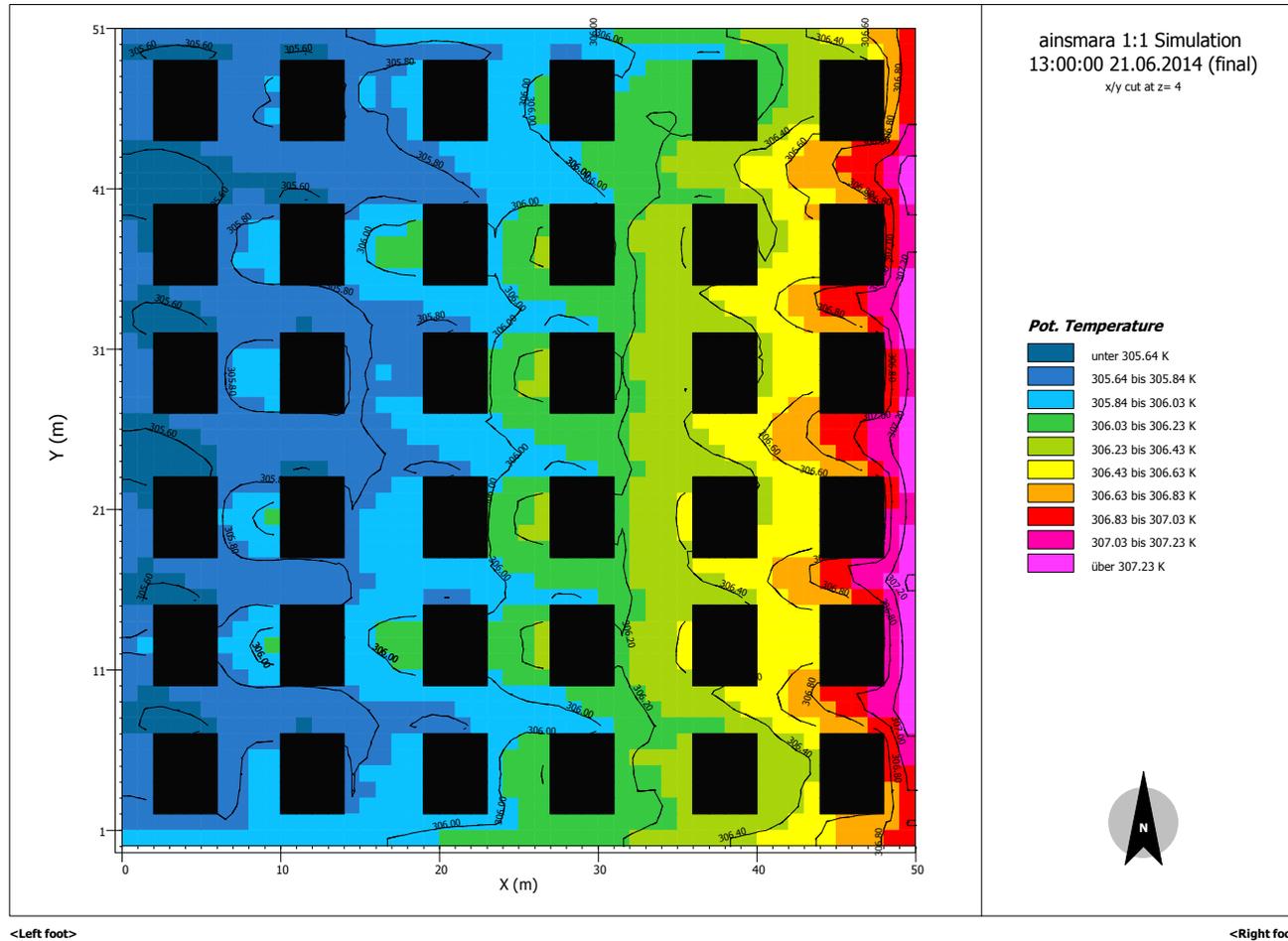


Figure n°9: Température de l'air en été en réduisant le CES moyen net à 0,35
Source : Auteur

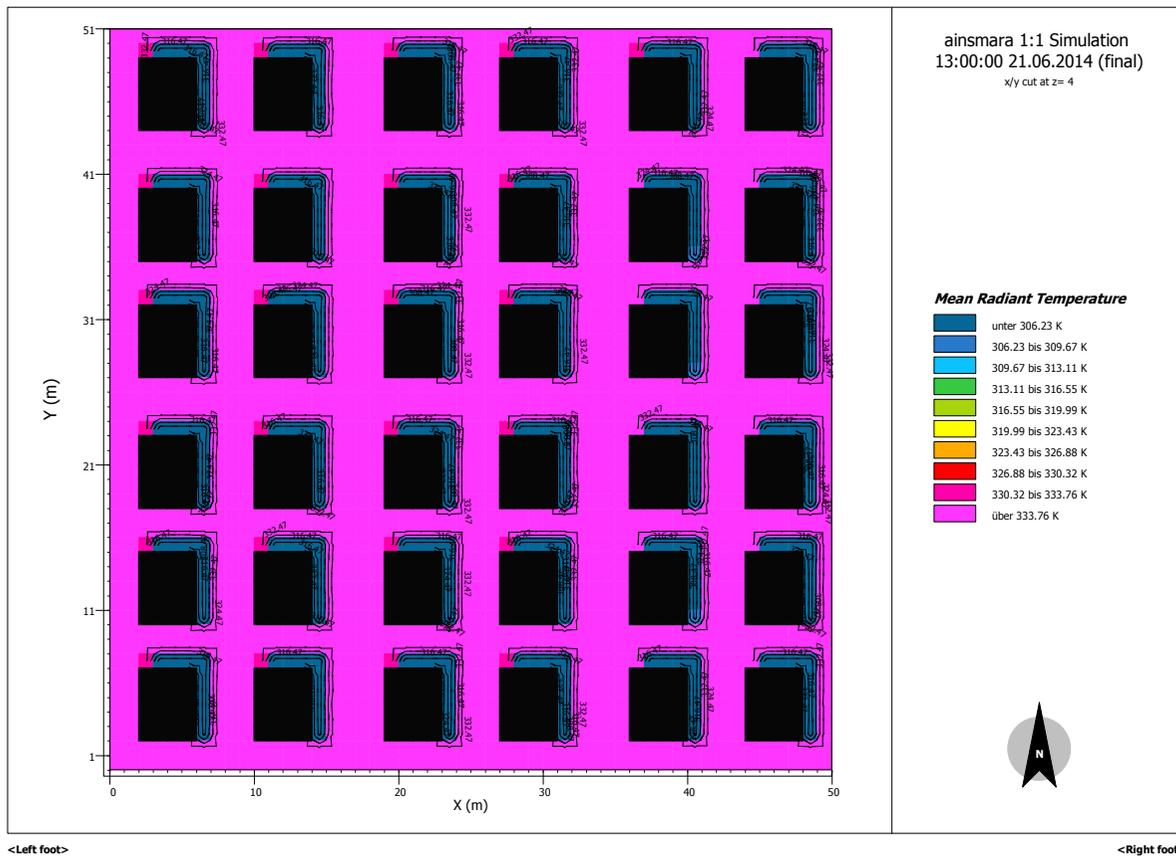


Figure n°10: Température moyenne radiante en été en réduisant le CES moyen net à 0,35
Source : Auteur

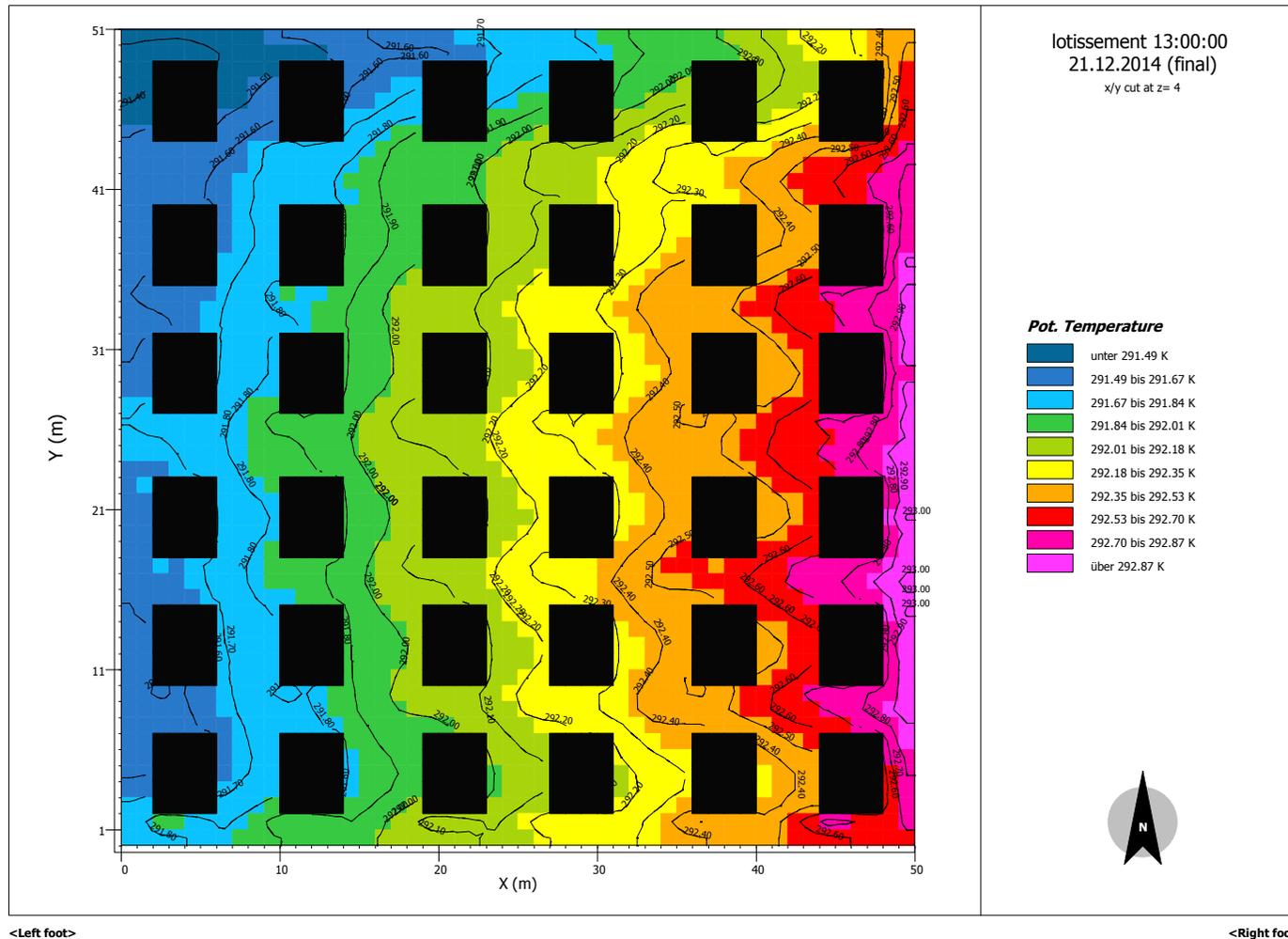


Figure n°11: Température de l'air en hiver en réduisant le CES moyen net à 0,35
Source : Auteur

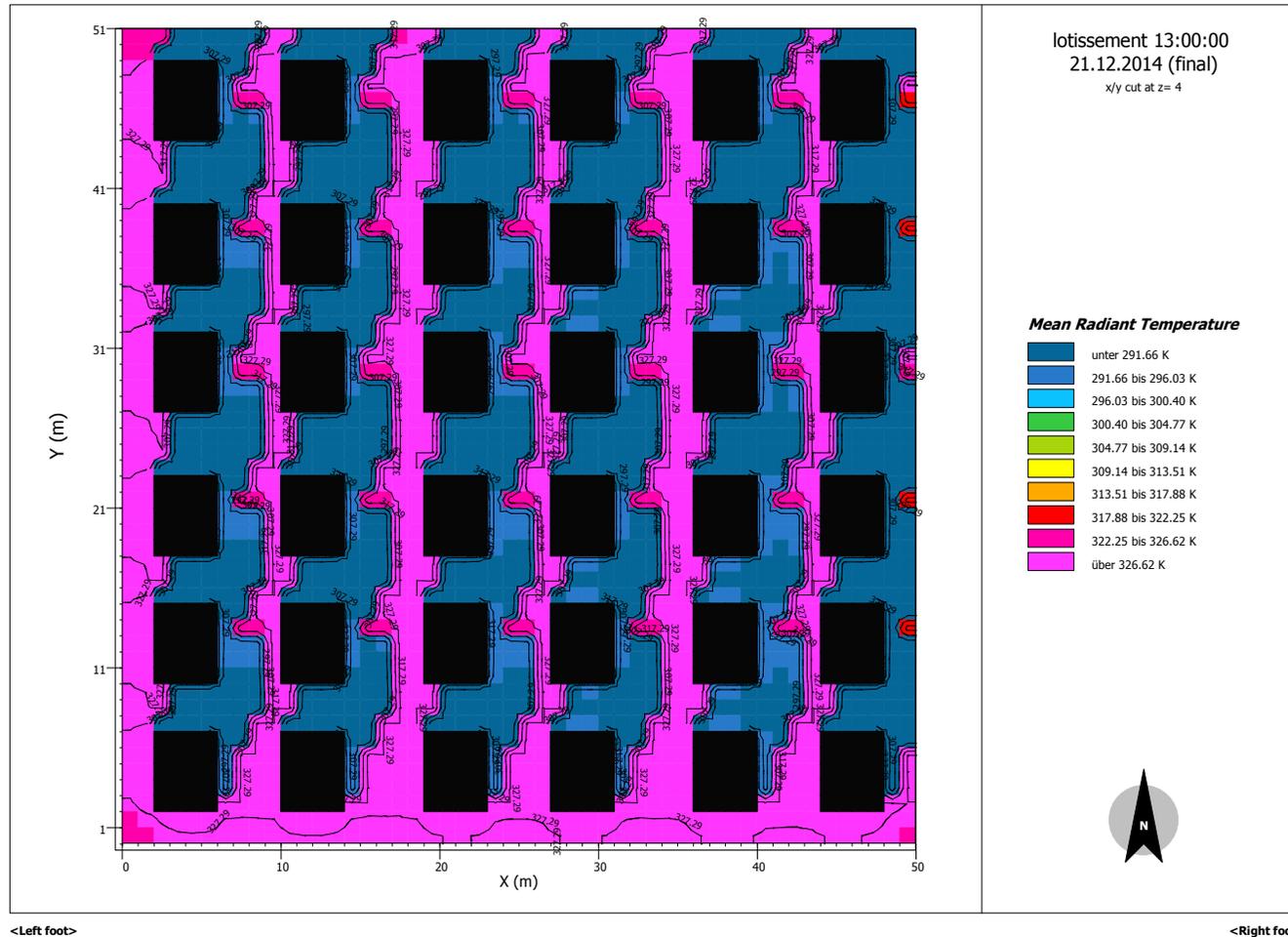


Figure n°12: Température moyenne radiante en réduisant le CES moyen net à 0,35
Source : Auteur

ANNEXE V

Annexe V : Règlementation urbaine

- *Loi 90-29 du 1er Décembre 1990*
- *Décret exécutif 91-175 du 28 Mai 1991*
- *Décret exécutif 91-176 du 28 Mai 1991*
- *Décret exécutif 91-177 du 28 Mai 1991*
- *Décret exécutif 91-178 du 28 Mai 1991*

RESUMES



Résumé :

La problématique de la densité urbaine et son rapport avec le microclimat objet de cette recherche, est prise en considération dans son contexte règlementaire et sera abordée au niveau de la ville d'Ain Smara considérée comme cas d'étude. La réalité de la densité urbaine et l'évaluation de son effet sur les paramètres microclimatique en l'occurrence la température de l'air à travers cette ville ont été évalués sur la base des deux indicateurs de densité cités et dictés par la réglementation urbaine Algérienne en vigueur à savoir : le COS et le CES et cela au niveau des différents sites d'habitat individuel répartis à travers la ville. Pour cela, sera menée une approche à différentes échelles urbaines. L'investigation a concerné tout d'abord l'ensemble de la ville, pour passer après à l'échelle du lotissement et finir par celle de la parcelle bâtie. Cette variété d'échelle a permis le passage d'une densité brute à une autre densité dite "nette". C'est ainsi que l'effet du COS s'est avéré plus important que celui du CES. Suite à quoi, d'autres paramètres géométrique ont été intégrés tels que la hauteur des constructions exprimée en mètres et ceci afin de pouvoir donner au COS une dimension réelle et quantifiable. Notre objectif final était d'arriver d'abord à évaluer l'état de fait de la densité urbaine de toute la ville et son effet sur l'ambiance extérieure notamment thermique et ensuite essayer de mettre en place un indicateur morpho-climatique dans le but d'un choix adéquat de la densité urbaine selon des données climatiques et microclimatiques locales et spécifiques. Ainsi, pour atteindre cet objectif, et dans le cadre du développement des systèmes d'information, le SIG (Système d'information géographique) est estimé être l'outil le plus efficace pouvant mener cette recherche notamment en ce qui concerne l'analyse urbaine, cartographique et thématique. Le SIG a permis d'introduire et d'analyser les différentes données microclimatiques et même géométriques issues d'une large campagne de mesure in situ et ceci sous forme d'une large base de données. La version exploitée du SIG est l'Arc-Gis 9.3. D'autre part, au niveau de l'échelle du lotissement et de la parcelle, la recherche a suscité l'exploitation de deux modèles de simulation à savoir "Envi-met4" et "RayMan". En conclusion de cette recherche, on est arrivé d'abord à évaluer le degré d'impact du CES et du COS sur le microclimat urbain et puis à définir un indicateur Morpho-climatique englobant ces deux indicateurs ainsi que d'autres paramètres notamment géométriques caractérisant le site d'investigation. Il s'agit du facteur de visibilité du ciel (SVF).

Mots clés : Densité Urbaine, Microclimat Urbain, COS, CES, SVF, Indicateurs Morpho-Climatique, Ain Smara.

Abstract

The problem of urban density and its relation to microclimate, objective of this research, is considered on its regulatory context and will be addressed to the town of Ain Smara considered as a case study. The urban density and the evaluation of its effect on the microclimate parameters, in this case the air temperature through this city were evaluated on the basis of two indicators of density cited and dictated by the Algerian regulations namely: COS and CES through the various individual housing sites located all over the city. For this, the approach will be conducted for different urban scales. First of all the investigation concerns the whole city, to spend after to the subdivision and eventually that of the built plot. This variety of scale allowed the passage of a gross density to another density called "net". Thus the COS effect was greater than that of the CES. According to this result, other geometrical parameters were required such as building heights in meters, in order to be able to give the COS a real approach and quantifiable dimension. Our ultimate goal was to assess the state of the urban density of the whole city and its effect on the external environment especially thermal and then try to set up a morpho-climatic indicator in order to set up an adequate choice of urban density, which depend on the climatic and micro-climatic data. Thus, to achieve this aim, the use of GIS (Geographic Information System) is required, as the most effective tool to conduct this research regarding the urban analysis, cartographic and thematic study. GIS helped to introduce and analyze various data, microclimates and even geometric issued from a large in situ measurement making a large database. The exploited version of the SIG is the Arc Gis 9.3. On the other hand, at the level of the subdivision and parcel, two modelling simulation models namely "Envi-Met4" and "Rayman" were necessary to undertake the aim of this research. In conclusion, of this research, we first arrived to assess the degree of impact of CES and COS on urban microclimate and later on defining a Morpho-climatic indicator including both indicators (CES and COS) and other geometrical parameters characterizing the investigative site. This is the Sky View Factor (SVF).

Key words : Urban density, Urban microclimate, COS, CES, SVF, Morpho-climatic indicators, Ain Smara.

ملخص:

إن إشكالية الكثافة العمرانية و علاقتها بالمناخ المحلي موضوع هذا البحث قد تمت معالجتها في إطارها القانوني ضمن حدود مدينة عين اسمارة و هي الحالة المدروسة حيث ان واقع الكثافة العمرانية و تقييم اثرها على المناخ المحلي لا سيما على درجة حرارة الهواء قد إعتد على المؤشرين الموضوعين من طرف القانون العمراني الجزائري الساري المفعول و هما : معامل شغل الأرض (COS) و معامل الإستيلاء على الأرض (CES) و هذا على مستوى مواقع السكن الفردي عبر المدينة. البحث الميداني اعتمد على جزء أولي يتعلق بإجراء حملة قياسات على مستوى كل المدينة و من ثم التدرج في سلم التدخل إلى غاية الوصول إلى التخصيص ثم إلى مستوى القطعة الأرضية الموجهة لبناء سكن فردي واحد. هذا التنوع في سلم معالجة الإشكالية المطروحة سمح بالتنقل من مفهوم الكثافة الخام إلى الكثافة الصافية ، حيث اتضح أن تأثير معامل شغل الأرض (COS) اكبر من تأثير معامل الإستيلاء على الأرض (CES)، و من هذا المنطلق تم دمج معايير هندسية جديدة كارتفاع المباني (معبّر عنها بالمتر) و هذا من أجل إعطاء بعد حقيقي و قابل للقياس لـ COS. إن الهدف النهائي للبحث يتمثل في الوصول إلى مؤشر مورفو مناخي يتعلق بالمؤشرين المذكورين أعلاه بإمكانه التحكم بالكثافة العمرانية حسب المعطيات المناخية الحقيقية. من هذا المنطلق و من أجل تحقيق هذا الهدف و في إطار تطور نظم المعلومات تم اختيار نظام المعلومات الجغرافية كأداة بحث بإمكانه أن يكون إضافة نوعية لهذا العمل على اعتبار أنه يسهل عملية التحليل العمراني و الخرائطي. نظام المعلومات الجغرافية يسمح بإدخال و تحليل المعلومات المختلفة المتعلقة بالمناخ و كذلك تلك التي تخص الجانب الهندسي للمجال العمراني على شكل قاعدة بيانات واسعة. النسخة المستعملة من هذا النظام تتمثل في Arc-Gis 9.3 . من جهة أخرى، و على مستوى التخصيص و القطعة الأرضية الفردية فقد تم استغلال برنامجين رقميين للمحاكاة و هما : "RayMan" و "Envi-met4". في النهاية، تم التوصل إلى تعريف مؤشر مورفو مناخي يتعلق حسابيا بمعامل شغل الأرض (COS) و معامل الإستيلاء على الأرض (CES) و كذلك بعناصر هندسية أخرى. و يتعلق الأمر بمعامل رؤية السماء (SVF).

الكلمات المفتاحية: الكثافة العمرانية، المناخ المحلي، CES، COS، SVF، المؤشرات المورفو مناخية، عين اسمارة

Précisions utiles:

⊕ **Cette recherche: de l'idée...à la démarche méthodologique**

L'expérience personnelle et professionnelle notamment pratique dans le domaine de l'urbanisme opérationnel en l'occurrence du suivi, de gestion et de contrôle des instruments d'urbanisme nous a imposé depuis déjà des années une série de questionnements et de réflexions. Entre règlement urbain dicté et fixé par le journal officiel de la république Algérienne d'un côté, et les pratiques urbaines constatées soit par la mauvaise applications ou bien le non respect total de ces textes règlementaires d'un autre côté, on se trouve souvent confronté à la réalité qui n'est d'autre qu'une image urbaine assez malformée voire expulsive ou tout simplement non conforme. Cette façon de vouloir lier la théorie à la pratique quant aux textes règlementaires urbains s'est compliquée encore plus lorsqu'on a débuté le travail par la recherche d'un lien directe ou indirecte de ces derniers avec des notions récentes et modernes telles que celle du développement urbain durable voire même celle de la climatologie urbaine et son exploitation dans le domaine de l'aménagement urbain.

L'axe de recherche est lié à notre option de recherche qui est le "microclimat urbain". La présente thématique quand à elle concerne directement la densité urbaine du point de vue règlementaire exprimée par la CES et le COS spécifique à l'habitat individuel. L'idée qui nous a incité à choisir ce sujet et le lier également à cet axe repose sur le fait que ces deux indicateurs sont le plus souvent appliqués d'une façon standard malgré les divergences l'échelle "macro" et "micro" enregistrées à travers les agglomérations urbaines algériennes notamment du point de vue climatique. Un CES de 0,6 et un COS de 1,8 sont généralement les même pour la typologie "habitat individuel" pour l'ensemble du territoire national ce qui reste inexplicable voire intolérable. Telle était l'anneau perdu qui suscitait une recherche spécifique et exhaustive et telle était l'idée de départ du présent travail.

En effet, la démarche méthodologique à son tour a suscité une longue réflexion sur le : comment aborder ce sujet et par quels outils de recherche? Par où commencer? A noter que la difficulté de cette thématique réside dans le fait de son interaction inévitable avec un grand nombre de sous-thèmes: morphologie urbaine, climatologie urbaine, règlementation urbaine, planification urbaine....etc.

⊕ **Difficultés rencontrées:**

Tout à fait au début de la présente recherche, et méthodologiquement parlant, il a fallu réfléchir au bon choix du cas d'étude existant après bien sûr une évidente recherche bibliographique

et documentaire. La documentation exploitée (bien qu'elle est riche et diversifiée) est loin d'être ciblée et spécialisée. Les indicateurs de densité "COS" et surtout le "CES" dans leur contexte règlementaire n'ont été que très rarement abordés en même temps que le microclimat urbain. Ainsi, on était dans l'obligation de procéder parfois à des interprétations et des déductions qui n'étaient pas clairement exposées dans un tel ou tel document. Toutefois, il est à préciser que le grand résultat de cette recherche documentaire c'est qu'elle nous a poussé à l'intervention à différentes échelles.

Ainsi, la ville d'Ain Smara fût choisie comme cas d'étude. Ensuite on a cerné tous les îlots d'habitat individuel et même collectif et semi collectif qui étaient objet d'une vaste investigation sur terrain. La campagne de mesure programmée a été accomplie sauf que la complexité de l'approche liée surtout à la différence morphologique, géométrique et microclimatiques de ces différentes typologies d'habitat nous a obligé à réduire le champ d'intervention pour qu'il concerne uniquement l'habitat individuel.

En 2011 s'est accomplie la première campagne de mesure. Toutefois, et vue que la recherche a connu un certain retard, il était indispensable de refaire les mesures en Juin et en décembre de l'an 2014 pour toutes les stations qui sont au nombre de 30. A noter dans ce sens que pour certaines stations notamment celles situées au niveau du lotissement promotionnel (Cas d'étude n°2) , on a encore refait les mesures pour la troisième fois à cause de résultats des paramètres microclimatiques qui semblaient être erronées, sauf que les nouvelles mesures étaient pratiquement identiques. Ce qui est totalement impressionnant, et pour la première fois durant notre parcours de recherche, il s'est avéré que le solstice d'été de l'an 2014 coïncide avec la journée la plus chaude, et le solstice d'hiver avec celle la plus froide (Cette constatation ne concerne pas aux deux saisons : chaude et froide , mais uniquement la durée d'investigation qui est de 5 jours en été et 5 jours en hiver).

Afin de pouvoir traiter une telle thématique, on a opté pour la technique d'analyse cartographique "SIG". Pour cela on a procédé à une auto-formation accéléré de cet outil. La grande efficacité du SIG fût constatée lors de l'analyse thématique de la densité au niveau de la ville mais aussi à l'échelle du lotissement et de la parcelle (chapitre IV et V).

Il est important de rappeler également que cette approche n'a pas démarré avec des résultats prédéfinis. Ceci dit que chaque étape de la présente recherche a orienté l'étape suivante en fonction de ses propres conclusions. Suite à quoi, on s'est trouvé avec trois échelles d'intervention et d'investigation vu que chaque échelle faisait appelle impérativement à une autre plus détaillée.