

Université Mohamed Khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la technologie
Département : d'Architecture.
Ref :



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم:
المرجع:

Mémoire présenté en vue de l'obtention
du diplôme de
Magistère en : Architecture.

Option : Architecture, formes, ambiances et développement durable.

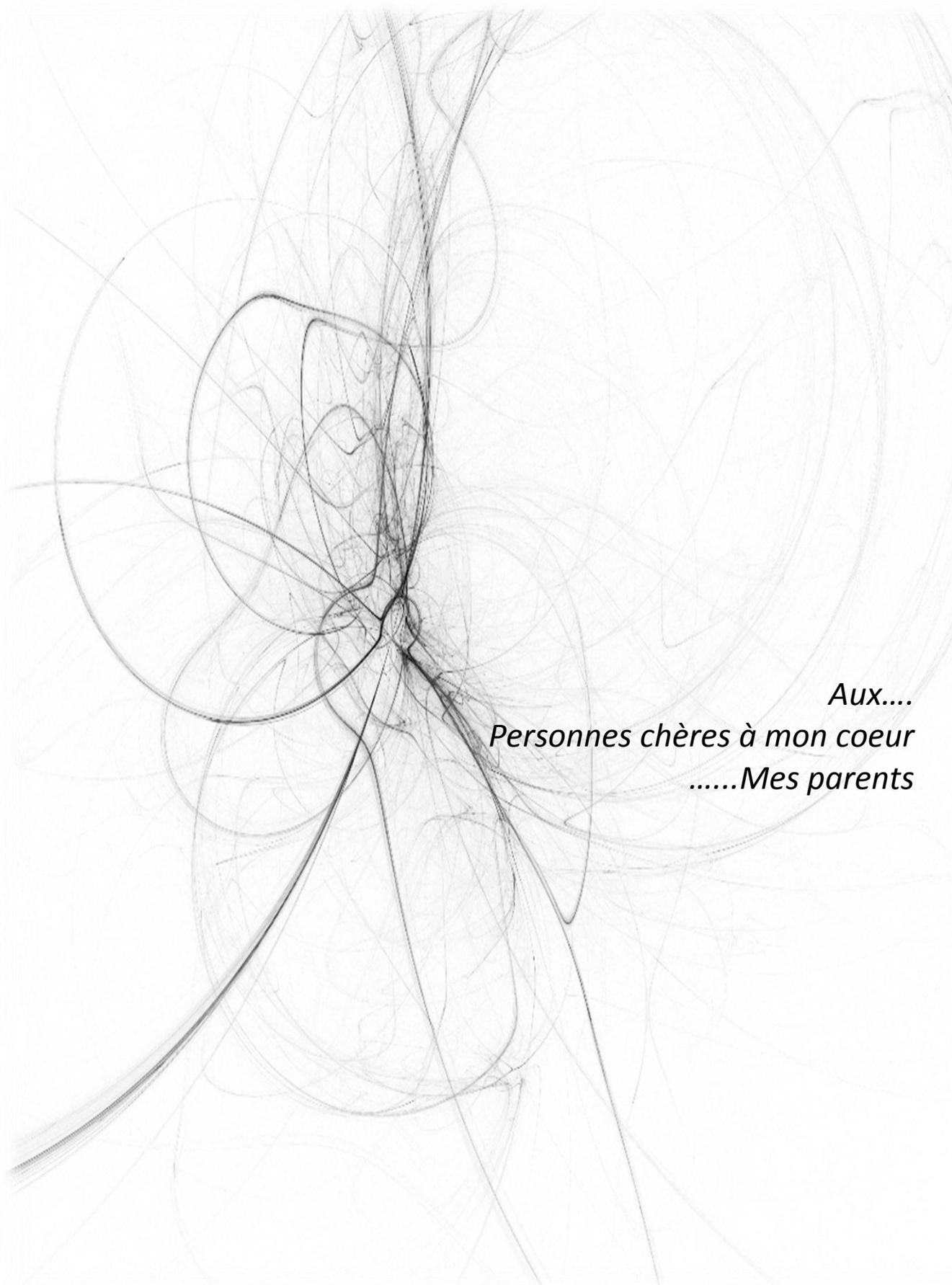
Thème :
**Modélisation et optimisation des configurations
géométriques urbaines pour un environnement
aéraulique durable.**

Présenté par :
Mr. BOUHIDEL Mohamed Abdelkrim Khaled.

Soutenu publiquement le 30/01/2013

Devant le jury composé de :

Pr. Mazouz Saïd	Professeur	Président	Université de Biskra
Pr. Zemmouri Nourreddine	Professeur	Rapporteur	Université de Biskra
Pr. Safieddine Djamila	Professeur	Examineur	Université de Constantine
Dr. Moummi Abdelhafid	M.C.A	Examineur	Université de Biskra
Mr. Houda Saddok	M.A.A	Invité	Université de Biskra



*Aux....
Personnes chères à mon coeur
.....Mes parents*

Remerciements

...Louange à l'unique Dieu, lumière des cieux et de la terre, qui aide et qui guide...

Il serait injuste d'omettre d'adresser des mots de reconnaissance à l'égard de tous ceux qui, sans leur aide et contribution, soutien effectif et moral, pensées et prières, ce travail n'aurait eu aucune chance de voir le jour et prendre cette modeste forme d'initiation à la recherche scientifique.

Avant tout, j'adresse mes vifs remerciements aux membres du jury qui, ont pris le temps d'examiner ce travail et d'avoir accepté de le juger, donnant lieu à une soutenance riche en discussions.

En premier lieu, je remercie chaleureusement *le Docteur NOUREDDINE ZEMMOURI*, mon encadreur qui m'a été d'une aide précieuse. Malgré ses lourdes tâches et ses préoccupations, nos discussions ont toujours été riches et fructueuses. Si je dois retenir deux qualités parmi d'autres, ce serait à la fois sa rigueur scientifique et son humanité. Je voudrai lui témoigner ici toute ma gratitude et mon profond attachement.

Nos vifs remerciements s'adressent à :

Monsieur *Saddok HOUDA* – *Enseignant au* du département du génie civil et d'architecture et chercheur au laboratoire de génie mécanique de l'Université de Biskra pour ses conseils judicieux et son aide précieuse dans l'exploration et l'exploitation des logiciels de CFD (computational fluid dynamics) qui nous ont permis d'affiner et d'aller plus loin dans cette présente recherche, à mes collègues de laboratoire, qui m'ont fait tous profiter de leurs conseils et leurs aide.

Ma profonde reconnaissance va à monsieur MOUSSA ISMAIL enseignant chercheur à l'Ecole d'Architecture de Constantine, pour les innombrables actions de soutien, à mes enseignant de première année *Pr SAÏD MAZOUZ* Docteur en architecture et maître de conférences à l'université Mohamed Khider Biskra, Dr. Moumi Abdelhafid Docteur et Maître de conférence à l'université Mohamed Khider Biskra pour leurs efforts et pour leurs qualité d'enseignement . Je remercie également le personnel du service météorologique de la station météo de Constantine, en particulier monsieur M. SAYDE pour son aide précieuse ainsi qu'à Mlle Y.BOUCHEMEL. Qu'il/elle trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Je tiens à la fin des remerciements à marquer mon profond respect pour l'ensemble du corps administratif de l'Institut d'Architecture et d'Urbanisme de Biskra, pour l'aide consentie et l'esprit de compréhension alloué à notre égard.

Mes remerciements vont aussi à mes amis d'étude – PG Architecture, formes, ambiances et développement durable.

SOMMAIRE

Contenu	Page
Remerciements	I
Sommaire	II
Liste des figures	VII
Liste des tableaux	XV
1. INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
2. PROBLÉMATIQUE	2
3. MÉTHODOLOGIE	6

PREMIÈRE PARTIE : L'APPROCHE THÉORIQUE DU PARAMÈTRE VENT DANS LA DÉMARCHE BIOCLIMATIQUE EN ARCHITECTURE ET EN URBANISME.

Chapitre 1 : Le paramètre vent et la question aérodynamique dans l'approche bioclimatique	9
Introduction	10
I.1 - Les aspects physiques du vent à travers les différentes échelles climatiques	11
I.1.1. - Le vent	11
I.1.1.1 - Données d'ensemble	11
I.1.1.2. Lecture descriptive de la météorologie du vent	13
I.1.2. - Les vents en Algérie	22
I.1.2.1 – L'énergie éolienne disponible en Algérie	22
I.1.3. - Les brises vents	27
I.1.3.1- Fonction des brise-vents	27
I.1.3.2- Les brises vents naturels	27
I.1.3.3- Les brises vents artificiels	30
I.1.4. - Effets des obstacles aéraulique naturels	31
I.1.4.1 - La topographie du site et le vent	31
I.1.4.2 - Les vents locaux en montagne	36
I.1.4.3 - L'influence du relief sur le microclimat	38
I.1.4.4 - Effets des obstacles aéraulique artificiels	39
I.1.5 - Le phénomène du changement climatique	44
I.1.5.1 - Effet de serre et réchauffement climatique	45
I.1.6 - Climat et aménagement de l'environnement urbain	47
I.1.6.1 - Le milieu urbain : des caractères climatiques spécifiques	47

I.1.6.2 - Aménagement urbain et environnement	49
I.1.6.3 - Les microclimats urbains : création passive/active	50
Conclusion	53
Chapitre II : L'approche de l'écoulement aéraulique urbain	54
Les nouvelles investigations en architecture et en urbanisme	
Introduction	55
II.1 - Prise en compte du vent dans les espaces urbains	55
II.1.1 - L'environnement aéraulique	55
II.1.2 - Le choix entre le test dans nature, l'expérimentation ou simulations numériques	56
II.2.1 - le confort thermique / aéraulique	56
II.2.1 - Effet climatique urbain : l'îlot de chaleur	56
II.2.1.1 - Définition de l'îlot de chaleur	56
II.2.1.2 - Causes	57
II.2.1.3 - Émissions de gaz à effet de serre	58
II.2.1.4 - Perte progressive du couvert forestier dans les milieux urbains	58
II.2.1.5 - Imperméabilité des matériaux	58
II.2.1.6 - Chaleur anthropique	59
II.2.1.7 - Impacts	59
II.2.1.8 - Confort thermique	60
II.2.1.9 - Climatisation	61
II.3. - Morphologie urbaine	62
II.3.1 - Paramètres morphologiques et leurs influences sur les espaces urbains ouverts	63
II.3.1.1 - Porosité et obstruction du vent	63
II.3.1.2 - Diversité environnementale	63
II.4. - Introduction aux outils des études à caractère aérauliques	64
II.4.1 - Simulation informatique : La mécanique des fluides numérique (CFD) en architecture	64
II.4.1.1 - Qu'est-ce que la CFD ?	64
II.4.1.2 - Intérêts de la CFD	64
II.4.1.3 - Etapes de la CFD	65

II.4.1.4 - Avantages de la CFD (Computational fluid dynamics)	70
II.4.2 - Soufflerie climatique	72
II.4.2.1 - Passage en soufflerie-généralités	72
II.5. - Présentation du logiciel PHOENICS	74
II.5.1 – Définition	74
II.5.2 - Le logiciel PHOENICS	74
II.5.3 - Les avantages que donne le logiciel :	75
II.6. – Les recherches faites au paravent sur la CFD en architecture	76
II.6.1 - La recherche intitulée « <i>COMPUTER SIMULATION OF WIND ENVIRONMENTAL CONDITIONS AROUND BUILDINGS</i> »	76
II.6.2 - La recherche intitulée « <i>APPLYING CFD IN DESIGN FOR BETTER WIND ENVIRONMENT OF OPEN SPACES</i> »	76
II.6.3 - La recherche intitulée « <i>WIND EFFECTS ON AND AROUND L- AND U-SHAPED BUILDINGS</i> »	77
II.6.4 - La recherche intitulée « <i>MODELLING THE WIND FLOW IN COMPLEX URBAN TOPOGRAPHIES: A COMPUTATIONAL-FLUID-DYNAMICS SIMULATION OF THE CENTRAL LONDON AREA</i> »	77
II.7.- Les effets aérodynamiques sur les ensembles bâtis	79
II.7.1 - Les champs de pression autour des bâtiments dans les configurations urbaines	80
II.7.2 - L'écoulement de l'air autour d'un bâtiment	81
II.7.3 - Le comportement du vent autour des constructions	83
II.7.4 - La notion de confort et le paramètre descriptif de la gêne au vent	84
II.7.5 - Seuil de l'inconfort et fréquence de gêne	84
II.8 - Les effets du vent en milieu urbain	85
II.8.1 - Effet de trous sous immeubles	85
II.8.2 - Effet de coin	87
II.8.3 - Effet de sillage	88
II.8.4 - Rouleau tourbillonnaire au pied des immeubles	89
II.8.5 - Effet de barre	92
II.8.6 - Effet de venturi	93
II.8.7 - Effet de liaison de zones de pression différente	95
II.8.8 - Effet de canalisation	96
II.8.9 - Effet de maille	97
II.8.10 - Effet de la pyramide	99

II.8.11 - L'effet d'écran linéaire	99
II.8.12 - Effet canyon	100
Conclusion	102

**DEUXIÈME PARTIE : ÉTUDE CLIMATIQUE ET SIMULATION AÉRAULIQUE
SUR LE SITE 1288 LOGEMENTS-NOUVELLE VILLE ALI MENDJELI.**

Chapitre III : La démarche bioclimatique dans l'analyse du site d'étude :	103
U.V 7 – Nouvelle ville Ali Mendjeli / CONSTANTINE	
Introduction	102
III.1 Climat en Algérie	102
III.2 : Analyse climatique de la ville de Constantine	109
III.2.1 Situation de la ville de Constantine	109
III.2.2 Classification climatique	109
III.2.3 Interprétation des données climatiques	110
III.2.3.1 - Humidité relative	110
III.2.3.2 - Température de l'air	110
III.2.3.3 – Ensoleillement	111
III.2.3.4 – Précipitations	113
III.2.3.5 – Vents	114
III.2.3.6 - Pression atmosphérique	115
III.2.3.7 - Roses des vents pour la ville de Constantine	116
III.2.3.8 - Indice d'aridité	119
III.3 Analyse du site choisi « cité 1288 logements Ali Mendjeli – Constantine »	119
III.3.1. Situation de la ville nouvelle Ali Mendjeli	119
III.3.1.1 - Présentation de La ville nouvelle Ali Mendjeli de Constantine.	119
Conclusion	131
Chapitre IV : Etude aéraulique sur le site d'étude	132
UV7 de la nouvelle ville Ali Mendjeli et simulation avec le logiciel PHOENICS	
Introduction	133
IV.1. Etude aéraulique avec l'utilisation du logiciel PHOENICS :	133
IV.1.1 Construction 3D du modèle	133

IV.2. Simulation avec le logiciel PHOENICS	134
IV.2.1 - Les différents types de modélisation numériques dans le bâtiment	134
IV.2.1.1 - La modélisation mono zone	134
IV.2.1.2 - La modélisation multizone (ou nodale)	135
IV.2.1.3 - La modélisation par codes de champs	135
IV.2.1.4 - La modélisation intermédiaire (zonale)	136
IV.2.1.5 - Simulation dans le domaine de bâtiments	138
IV.2.1.6 - Objectifs à atteindre par la simulation	138
IV.3. Les conditions aux limites de notre simulation	138
IV.4. Les simulations sur le site	139
IV.4.1 - Données relatif au modèl construit pour la simulation	139
IV.4.1.1 - Mois de juin	141
IV.4.1.2 - Mois de septembre	152
IV.4.1.3 - Mois de décembre	166
IV.4.1.4 - Mois de Mars	182
Conclusion	193
Conclusion générale	195
Bibliographie	198
Annexe	205
Résumé	208

Liste des Figures :

Numéro	Titre
1	Influence de la rotation terrestre le régime des vents
2	Processus climatiques produisant les brises côtières.
3	Interprétation du mouvement de l'air en montagne.
4	exemple de Rose des vents
5	Illustration sur la variation des écoulements de l'air selon la morphologie du relief.
6	Evaluation du potentiel éolien mondial.
7	Atlas de la vitesse du vent à 10 m
8	Cartographie des vitesses moyennes annuelles des vents en Algérie à 10 mètres d'altitude.
9	Représentation schématique de l'effet d'un brise-vent sur l'écoulement de l'air.
10	cas de l'écran plein
11	cas de l'écran poreux
12	Concentration" du vent : au sommet de la colline et entre deux collines.
13	Zones favorables (irriguées) et zones défavorables (déventées) à la ventilation naturelle due au vent, en fonction de la topographie du site (d'après le CSTB/France).
14	Effet d'une pente sur l'écoulement de l'air.
15	Représentation schématique de l'écoulement de l'air Au voisinage d'une colline isolée.
16	Mouvements ondulatoires induits par le relief
17	Représentation schématique de l'effet d'un rétrécissement d'une vallée sur l'écoulement de l'air
18	Les vents de vallée.
19	Évolution des vents de pente au cours de la journée.
20	Influence du relief.
21	Potentiel de ventilation d'un bâtiment en fonction de l'éloignement d'un obstacle aéraulique
22	Distances à respecter pour permettre la ventilation naturelle d'un ensemble de bâtiments soumis au vent.
23	La nature de l'écoulement de l'air autour d'un obstacle parallélépipédique.
24	Représentation des effets climatiques sur une maison a mi-pente SUD.
25	Représentation du profil de vitesse dans un terrain en pente.
26	Action d'absorption et réémission du rayonnement solaire
27	Schéma de l'îlot de chaleur urbain

28	Représentation d'une modélisation 3D faite avec un logiciel CAO qui peut être exporté en DWG ou en STL.
29	Maillages structurés et non structurés
30	Test de convergence en maillage.
31	Essais en soufflerie du bâtiment Bahrain World Trade Center.
32	Représentation d'un tunnel a vent.
33	Maquette d'essai en tunnel à vent.
34	Image d'un essai en soufflerie pour un ensemble de bâtiments.
35	Image d'un essai en soufflerie
36	Vue en plan des phénomènes d'un écoulement turbulent qui rencontre un bâtiment parallélépipédique.
37	Différents types de modèles d'écoulements de vents autour des constructions
38	Type de modélisation et d'appréciation des écoulements de vents.
39	Effet de trous sous immeubles
39.1	Effet de trous sous immeubles à différents angles
39.2	Effet d'un seul trous sous un immeuble
39.3	Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de trous sous immeubles
40	Effet de coin
40.1	Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de coin sur les immeubles.
41	Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de sillage sur les immeubles.
42	Effet du rouleau tourbillonnaire
42.1	Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de rouleau tourbillonnaire au pied des immeubles.
43	Plan des survitesses à 1.5 m de haut.
44	Courbes iso-vitesses et vecteurs de la vitesse de l'air au niveau de l'effet Wise.
45	Plan des survitesses à 1.5 m de haut.
46	Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de rouleau tourbillonnaire au pied des immeubles.
47	Effet de barre
47.1	Représentation montrant les conditions d'existence de l'effet de barre
47.2	Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de barre sur le cadre bâti.
48	Effet Venturi
48.1	Effet Venturi avec un étranglement 2 à 3 fois la hauteur moyenne

48.2	Synthèse typologique et caractérisation de l'effet venturi sur le cadre bâti.
49	Effet de liaison de zones de pression différente
49.1	Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de liaison de zones de pression différente.
50	Effet de canalisation
50.1	Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de canalisation.
51	Effet de maille
51.1	Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de maille.
52	Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de la pyramide
53	Synthèse typologique et caractérisation de l'effet d'écran linéaire.
54	Effet canyon
55	Effet canyon : courbes iso-vitesses et vecteurs-vitesses en coupe perpendiculaire au vent.
56	Carte d'Algérie
57	Les zones climatiques d'hiver en Algérie
58	Les zones climatiques d'été en Algérie
59	Photo satellite de la wilaya de Constantine
60	Variation moyenne mensuelle de la température et de l'humidité relative de l'air.
61	Diagramme représentant Les températures moyennes en « °C »
62	Variation moyenne mensuelle de l'énergie incidente (wh/m ²)
63	Répartition annuelle des précipitations
64	Diagramme représentant la vitesse moyenne de vent en « m/s ».
65	Digramme représentant la pression atmosphérique moyenne en « mb »
66	Rose des vents, Période : 2000-2009 en hiver.
67	Rose des vents, Période : 2000-2009 au printemps
68	Rose des vents, Période : 2000-2009 en été.
69	Rose des vents, Période : 2000-2009 en automne.
70	Rose des vents annuelle pour la ville de Constantine (2000-2009).
71	Carte représentant les vents dominants annuelle pour la ville de Constantine qui sont de direction : Nord-Ouest à Nord
72	Localisation de la ville nouvelle Ali Mendjeli par rapport au centre urbain les plus importants de la wilaya de Constantine
73	Localisation de la « cité 1288 logts Ali Mendjeli ».
74	Photo satellite du cas d'étude « cité 1288 logts Ali Mendjeli »
75	Plan de masse du cas d'étude « cité 1288 logts Ali Mendjeli ».

76	Vue du coté EST de la cité 1288logts.
77	Vue du côté OUEST de la cité 1288logts.
78	Vue sur la percé entre les deux ensembles les plus importants de la cité 1288logts.
79	Vue intérieur de la cité 1288 logts
80	Vue intérieur de la cité 1288 logts.
81	Vue sur maquette de la cité 1288logts
82	Vue sur maquette de la cité 1288logts.
83	Représentation de la trajectoire du soleil tout au long de l'année
84	Superposition de la rose des vents annuelle sur la cité 1288logts.
85	Représentation des courants de vent les plus importants de l'année.
86	Représentation de la trame viaire au tour de la cité 1288logts.
87	Représentation de la topographie de la cité 1288logts.
88	Représentation des masses bâtis et les espaces verts de la cité 1288logts.
89	Le modèle 3D de la cité 1288 logements la ville nouvelle Ali Mendjeli.
90	Différents niveaux de modélisation et différentes finesses de maillage pour le cas d'une ambiance intérieure ventilée et d'un système de chauffage particulier, le convecteur.
91	PLAN DE MASSE
92	COUPE AA
93	COUPE BB
94	Représentation du modél physique pour la simulation
95.1	Simulation 3d de l'écoulement du vent autour de la cité a 1.5 m audessus du sol.
95.2	Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 1.5 m au dessus du sol.
95.3	vue en plan de la vitesse et la direction de lécoulement du vent avec les vecteurs à 1.5m au dessus du sol.
95.4	Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 10 m au dessus du sol.
95.5	Vue en plan de la vitesse et la direction de lécoulement du vent avec les vecteurs à 10m au dessus du sol.
95.6	Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 28 m au dessus du sol.
95.7	Vue en plan de la vitesse et la direction de lécoulement du vent avec les vecteurs à 28m au dessus du sol.
95.8	Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 45 m au dessus du sol.
95.9	Vue en plan de la vitesse et la direction de lécoulement du vent avec les vecteurs à 45 m au dessus du sol.
95.10	Vue verticale de l'écoulement de la frontière EST de la cité.

95.11	Représentation vectorielle des écoulements verticaux de la frontière EST de la cité.
95.12	Vue verticale de l'écoulement de la frontière EST de la cité.
95.13	Représentation vectorielle des écoulements verticaux de la frontière EST de la cité.
95.14	Vue verticale de l'écoulement de la frontière EST de la cité.
95.15	Représentation vectorielle des écoulements verticaux de la frontière EST de la cité.
95.16	Vue verticale de l'écoulement de la frontière EST de la cité.
95.17	Représentation vectorielle des écoulements verticaux de la frontière EST de la cité.
95.18	Vue verticale de l'écoulement de la frontière EST de la cité.
95.19	Vue verticale de l'écoulement à la frontière EST de la cité.
95.20	Vue verticale de l'écoulement de la frontière du vent a l'intérieur et à l'extérieur de la cité.
95.21	Vue verticale de l'écoulement de la frontière du vent a l'intérieur et à l'extérieur de la cité.
96	Présentation de la simulation 3d de l'écoulement du vent autour de la cité en mode « continuous ».
96.1	Vue en 3D de l'écoulement du vent autour des bâtiments de la cité à 1.5 m au dessus du sol.
96.2	Vue en 3D de l'écoulement du vent avec vecteurs autour des bâtiments à 1.5 m au dessus du sol.
96.3	Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 1.5 m au dessus du sol.
96.4	Vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec vecteurs à 1.5m au dessus du sol.
96.5	Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 10 m au dessus du sol.
96.6	Vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec les vecteurs à 10 m au dessus du sol.
96.7	Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 20 m au dessus du sol.
96.8	Vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec vecteurs à 20 m au dessus du sol.
96.9	Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 28 m au dessus du sol.
96.10	Vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec vecteurs à 28 m au dessus du sol.
96.11	Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 45 m au dessus du sol.
96.12	Vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec vecteurs à 45m au dessus du sol.

96.13	Représentation de l'action de lécoulement du vent à la limite OUEST de la cité.
96.14	Représentation des écoulements verticaux du vent à la limite OUEST de la cité.
96.15	Représentation des écoulements verticaux du vent a l'interieur de la cité.
96.16	Résultats de l'action de lécoulement du vent a l'interieur de la cité.
96.17	Représentation des écoulements verticaux du vent a l'interieur de la cité.
96.18	Représentation en vecteurs de l'action de lécoulement du vent a l'interieur de la cité.
96.19	Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de l'ouverture SUD de la cité.
96.20	Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau del'ouverture SUD de la cité.
96.21	Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de l'ouverture SUD de la cité.
96.22	Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de l'ouverture SUD de la cité.
96.23	Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite EST de la cité.
96.24	Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite EST de la cité.
96.25	Représentation des écoulements verticaux du vent a l'interieur de la cité.
96.26	Représentation des écoulements verticaux du vent a l'interieur de la cité.
97	Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 1.5 m au dessus du sol.
97.1	Vue en plan de la vitesse et la direction de lécoulement du vent avec vecteurs à 1.5m au dessus du sol.
97.2	Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 10 m au dessus du sol.
97.3	Vue en plan de la vitesse et la direction de lécoulement du vent avec les vecteurs à 10 m au dessus du sol.
97.4	Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 28 m au dessus du sol.
97.5	Vue en plan de la vitesse et la direction de lécoulement du vent avec les vecteurs à 28 m au dessus du sol.
97.6	Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 45 m au dessus du sol.
97.7	Vue en plan de la vitesse et la direction de lécoulement du vent avec les vecteurs à 45 m au dessus du sol.
97.8	Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite EST de la cité.
97.9	Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite EST de la cité.
97.10	Représentation des écoulements verticaux du vent à l'interieur et à l'extérieur de la cité.
97.11	Représentation des écoulements verticaux du vent à l'interieur et à l'exterieur de la cité.

97.12	Représentation des écoulements verticaux du vent à l'intérieur et à l'extérieur de la cité.
97.13	Représentation des écoulements verticaux de l'écoulement du vent à l'intérieur et à l'extérieur de la cité.
97.14	Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite OUEST de la cité.
97.15	Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite OUEST de la cité.
97.16	Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite OUEST de la cité.
97.17	Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite OUEST de la cité.
97.18	Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite NORD-EST de la cité.
97.19	Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite NORD-EST de la cité.
97.20	Représentation des écoulements verticaux du vent à l'intérieur de la cité.
97.21	Représentation des écoulements verticaux du vent à l'intérieur de la cité.
97.22	Représentation des écoulements verticaux du vent à l'intérieur de la cité.
97.23	Représentation des écoulements verticaux du vent à l'intérieur de la cité.
97.24	Représentation 3D des vitesses du vent sur l'ensemble des surfaces extérieures des bâtiments (vue coté NORD).
97.25	Représentation 3D des vitesses du vent sur l'ensemble des surfaces extérieures des bâtiments (vue coté SUD-EST).
97.26	Représentation 3D des vitesses du vent sur l'ensemble des surfaces extérieures des bâtiments (vue coté SUD-OUEST).
97.27	Représentation 3D des vitesses du vent sur l'ensemble des surfaces extérieures des bâtiments (vue coté OUEST).
98.1	Simulation 3d de l'écoulement du vent autour de la cité à 1.5 m au-dessus du sol.
98.2	Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 1.5 m au-dessus du sol.
98.3	Vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec les vecteurs à 1.5m au-dessus du sol.
98.4	Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 10 m au-dessus du sol.
98.5	Vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec vecteurs à 10m au-dessus du sol.

98.6	Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 28 m au dessus du sol.
98.7	Vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec vecteurs à 28m au dessus du sol.
98.8	Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 45 m au dessus du sol.
98.9	Vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec vecteurs à 45 m au dessus du sol.
98.10	Représentation des écoulements verticaux du vent sur la limite EST de la cité.
98.11	Représentation vectorielle des écoulements verticaux du vent sur la limite EST de la cité.
98.12	Représentation des écoulements verticaux du vent a l'intérieur de la cité.
98.13	Représentation vectorielle des écoulements verticaux du vent a l'intérieur de la cité.
98.14	Représentation des écoulements verticaux du vent a l'intérieur de la cité
98.15	Représentation vectorielle des écoulements verticaux du vent a l'intérieur de la cité.
98.16	Représentation des écoulements verticaux du vent a l'intérieur de la cité.
98.17	Représentation vectorielle des écoulements verticaux du vent a l'intérieur de la cité.
98.18	Représentation des écoulements verticaux du vent a l'intérieur de la cité.
98.19	Représentation vectorielle des écoulements verticaux du vent a l'intérieur de la cité.
98.20	Représentation des écoulements verticaux du vent a l'intérieur et l'extérieur de la cité.
98.21	Représentation vectorielle des écoulements verticaux du vent a l'intérieur et l'extérieur de la cité.

Liste des Tableaux :

Numéro	Titre
1	L'échelle de beaufort
2	Les rapports du grain de vitesse du vent à l'altitude.
3.1	Classification des vents selon la typologie du temps recensé en Algérie en régime anticyclonique.
3.2	Classification des vents selon la typologie du temps recensé en Algérie en régime cyclonique.
4	Classification des vents en Algérie en fonction des vitesses moyennes annuelles.
5	Incidences de la représentation de la vitesse du vent acceptable en milieu urbain.
6	Tableau récapitulatif des principaux modèles de turbulences.
7	Différents réglages pour la prise de vue
8	Représentation de la chronologie des recherches choisies.
9	Tableau représentant sur 10ans la vitesse moyenne mensuelle du vent m/s de la période entre 2000-2009
10	Tableau représentant le nombre de cellules choisies dans la grille structurée ainsi que la taille du domaine dans les différentes simulations.

INTRODUCTION GENERALE :

L'Algérie connaît depuis une dizaine d'années une dynamique économique tributaire essentiellement des revenus des hydrocarbures. Cette manne financière a autorisé le pouvoir politique à entreprendre un plan de relance global, particulièrement dans le secteur du bâtiment et des travaux publics. En ce qui relève de l'architecture et d'urbanisme, on assiste à la réalisation de programmes ambitieux en matières de logements, de réhabilitation de centaines d'anciens quartiers ainsi et le lancement d'expériences novatrices de villes nouvelles.

L'urbanisation de nos et villes, dans les anciens tissus ou dans les nouvelles investigations, est tributaire plus que jamais de facteurs interactifs de l'ordre de la gouvernance, du management urbain, de la cohésion socio-économique et culturel, et surtout de l'environnemental. Ce dernier, qui est à lui-même, constitue une discipline scientifique en architecture et en urbanisme, engendre depuis la crise du mouvement moderne des préoccupations scientifiques et techniques, qui s'échelonnent entre les dimensions éco-géographiques à l'architectonique du cadre bâti.

La question du climat, depuis l'architecture vernaculaire de nos ancêtres à la crise du réchauffement planétaire, pose des enjeux primordiaux qui relève tous d'un même ordre, la mise en synergie de l'habité humain avec les cycles éco-systémiques qui l'environnent. Cette quête de connaissances pour se rapprocher le plus de la nature, constitue plus que jamais, le challenge à entreprendre à travers nos productions architecturales, nos modes d'organisation de l'urbain et de nos villes...

Parmi les phénomènes climatiques les plus en vogue, en matière de la recherche dans le domaine bioclimatique, le vent est inéluctablement l'un des paramètres les mieux convoités. En effet, son rôle énergétique et hygiénique à la fois dans la ventilation naturelle, le renouvellement de l'air, l'évacuation des déchets polluants, le confort hygrothermique dans les deux ambiances de la construction et du cadre urbain, l'amélioration de la qualité de vie, ... le dispose à constituer l'une des énergies alternatives les mieux discutés durant ce siècle

(où le tandem environnement - développement durable doit faire fusion, face aux conséquences certaines du réchauffement climatique).

LA PROBLEMATIQUE :

Le récit historiographique de l'urbatecture n'a cessé de nous faire part des facultés humaines, quant aux degrés d'acclimatation à des situations environnementales complexes et parfois impossibles. Ainsi, comme le constate l'Ecole Culturaliste, les progrès technologiques constatés depuis l'avènement de la révolution industrielle, ont introduit une nouvelle ère contradictoire, dans ses interprétations, tantôt bouleversante dans ses capacités de surproduction du phénomène urbain, tantôt critique sur les conséquences perpétrées en vue des acquisitions culturelles du savoir-faire de l'homme à la terre. A cet effet, l'émergence du courant hygiéniste à la fin du XIX^{ème} siècle, entrainera un courant de pensée, qui se traduira par l'émergence d'une conscience écologique, qui se renforcera à partir des années 60 avec la remise en cause du mouvement moderne.

En continuité à la conférence des Nations Unies sur l'environnement à Stockholm en 1972 et au rapport de la Commission de Brundtland pour un programme global de changement en 1987; le sommet de la terre à Rio en 1992, constitue l'aboutissement d'une prise de conscience collégiale quant aux répercussions des modèles de développement enregistrés durant le XX^{ème} siècle, sur le devenir de la terre et des générations à venir. Pour la première fois dans l'histoire de l'humanité, on se rendit compte des enjeux de la civilisation technologique sur les équilibres des écosystèmes de la terre et de leurs interactions sur l'espèce humaine.

Au niveau local, l'Algérie ne cesse depuis son indépendance à ratifier les conventions internationales quant à la préservation de ses écosystèmes et la mise en place de mécanismes de sauvegarde de son patrimoine naturel et humain.

Ainsi, le renforcement du cadre législatif post 1995, nous renvoie à la volonté de l'état, à se rapprocher le plus d'un modèle de développement global qui ne risquerait de mettre en péril les chances de vie des générations futures. Dans le domaine de la construction et du bâtiment,

les déséquilibres de la prestation de l'offre et de la demande en matière de logements, ainsi que les conséquences d'une urbanisation anachronique entre l'ordre spatiale, les réalités socioculturelles et économiques du pays, posent avec acuité des problématiques des modèles référents, quant à nos capacités, à faire émerger de nouvelles visions de développement qui peuvent éventuellement s'aligner aux grandes prescriptions du développement urbain durable.

Si la complexité de la gouvernance de la ville algérienne du XXI^{ème}, s'impose en termes d'une quête de synchronisation :

- de notre passé amalgame des trois strates urbaines du précolonial, du colonial et du postcolonial ;
- de notre crise urbaine du présent ;
- et de notre faculté collégiale à optimiser nos actions pour la planification des villes nouvelles de demain ;

Elle se voit renforcée plus que jamais par des contraintes d'ordre démographique¹, économique, sociologique et de surcroît écologique.

La vision conjoncturelle de la planification algérienne n'a permet de faire émerger une réelle politique de gouvernance urbaine. De ce fait, la chronologie progressive de la problématique urbaine postcoloniale s'est prononcée dans un contexte spatio-temporel de rupture. Face à cette incapacité de maîtrise du phénomène urbain, de nouvelles dispositions semblent tracer les prémices d'un processus prometteur.

De là, les rapports de l'urbanisme à l'environnement constitue une approche innovatrice, dans laquelle la dimension bioclimatique proposée dans la présente recherche essaie d'inclure essentiellement le paramètre « vent » dans nos actes de planification urbaine et d'organisation spatiale des villes nouvelles de demain.

Si les préoccupations majeures des axes de la recherche scientifique de ce siècle, dans le domaine des rapports de l'urbanisme à l'environnement, s'impose en terme de

1- Développement durable et renouvellement urbain. pp.16 –.

« **La ville est une échelle territoriale prioritaire** dans la mesure où 75% de la population mondiale devraient vivre en ville d'ici l'année 2050 et que cette proportion es déjà atteinte dans la plupart des pays européens»

conséquences de l'urbanisation depuis le mouvement moderne sur les changements climatiques. Les échelles bioclimatiques en urbanisme² semblent constituer un nouveau champ d'intervention car c'est à ce niveau que se décident les nouvelles connexions interdisciplinaires, où les interventions de l'architecte-urbaniste semblent se dessiner. Le paramètre vent, résultant de la différence de pressions d'air constitue, de part ses facultés hygiéniques et énergétiques, un paramètre bioclimatique dans le façonnage du lieu, dans l'optimisation des solutions d'intégration des morphologies urbaines et des masses bâties au site... réduisant ainsi les risques des îlots de chaleurs, des turbulences gênantes, de la concentration de la pollution... En fait, une bonne ventilation passive à l'échelle urbaine, un écoulement aérodynamique optimal renforce les conditions du confort longtemps recherché dans les espaces publiques, rue, ruelles, jardins...

La présente recherche pose au préalable, à travers les simulations de l'écoulement du vent sur un site étudié à la ville nouvelle de Ain El Bey, un constat d'échec des opérations de conception et d'intégration de la composition urbaine au site. Nous essaierons, tout le long de ce mémoire de magistère, à répondre à une des problématiques de notre urbanisme contemporain et de notre devenir urbain, à savoir :

Comment peut-on dans le cadre de cette recherche scientifique, qui renvoie à l'intégration d'une dimension climatique à savoir l'écoulement du vent dans le processus conceptuel, renforcer la nécessité de faire appel à l'interdisciplinarité³ de plusieurs sciences, et ce afin de répondre aux attentes d'un urbanisme durable⁴.

2- Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique. pp.355

« L'urbanisme devrait donc pouvoir agir sur les paramètres suivants :

-les formes urbaines : gabarits, orientation, étendu, enveloppe solaire, et coupe des rues (rapport hauteur/largeur) ;

-les espaces publics : forme, matériaux, absorption/réflexion, ombrage ;

-la végétation et les pièces d'eau : pour permettre l'évapotranspiration des plantes et le processus de refroidissement de l'air par évaporation de l'eau ;

-la réduction du trafic, ou son détournement, pour réduire la pollution sonore, la pollution atmosphérique et les dégagements de chaleur ».

³ Développement durable et renouvellement urbain. pp.17 –.

Questions de recherches :

Cette initiation à la recherche essaye de portée des réponses aux questions suivantes :

* Dans quelles proportions les paramètres : site, orientation et géométrie peuvent être optimisé face au phénomène vent ?

* Dans un souci d'amélioration des cahiers de charges des POS et des plans d'ensembles, comment optimiser l'écoulement du vent, dans l'acte de planifier ?

Les hypothèses :

Ce travail de recherche essaye d'éclaircir la relation et l'impact du vent sur les ensembles bâtis à l'échelle urbaine. Il se base sur les trois hypothèses suivantes :

1 – Les indicateurs du confort urbain sont multiples ; ils restent néanmoins en rapport corrélatif avec le déterminisme environnemental, de ce fait, les paramètres bioclimatiques sont normatifs quant à nos actions conceptuelles. Le design des nouveaux quartiers et villes nouvelles algériennes ne permet, pour le moment, une prise en considération de ces paramètres.

2 - Le site, l'orientation, la géométrie sont les principaux paramètres à prendre en compte face aux écoulement aérauliques pour avoir une ventilation passive optimale.

3 - Une meilleure ventilation naturelle urbaine implique une meilleure conception des formes bâtis.

Les objectifs :

Les objectifs de cette recherche se résument dans les points :

- Saisir les effets aérodynamiques du vent.

«Les projets doivent intégrer cette dimension nouvelle qui est d'associer différents paramètres à la décision, même si la décision finale reste dans les mains d'une seule personne(le maire par exemple) ».

⁴ Développement durable et renouvellement urbain. pp.17 –.

« Enfin **une ville n'est durable que si l'ensemble de ces quartiers l'est**. Ainsi, les démarches de développement durable a l'échelle du quartier sont complémentaires des démarches mises en œuvre aux autres échelles territoriales»

- Mieux comprendre les écoulements du vent sur les ensembles bâtis et le microclimat.
- Mettre en évidence les opportunités du traitement numérique (la technologie de la CFD : Computational Fluid Dynamics), dans la conception urbaine.
- Comprendre et préconiser des solutions optimales aux problèmes aérodynamiques de la ventilation passive urbaine.
- Intégrer la dimension climatique dans l'élaboration de tout cahier de charges en prenant en considération, en ce qui nous concerne, l'étude des écoulements aérodynamiques.

L'approche méthodologique :

La démarche méthodologique adoptée dans le cadre de cette recherche se base sur les trois volets suivants :

1 Phase de compilation des informations structurant le mémoire de magistère

Cette recherche bibliographique des références scientifiques et techniques, à travers laquelle se construit le cadre conceptuel et expérimental de notre objet d'étude. Elle se distingue par trois axes de recherche,

1.1 - le premier axe de recherche porte sur le volet théorique et technique du phénomène vent et de ses implications sur le cadre bâti et urbain;

1.2 – le deuxième axe de recherche porte sur une recherche bibliographique des méthodes expérimentales et numériques qui traite du problème aérodynamique à une échelle urbaine ;

1.3 – le troisième axe de recherche porte sur le volet des modèles retenus comme source de référence nécessaire dans la construction de la deuxième partie de la recherche (allant des échelles topo—climatique à celles du microclimat).

2 Phase de simulation

La deuxième phase consiste à structurer notre recherche sur deux volets :

2.1 – la mise en place d'une simulation informatique selon deux approches complémentaires :

2.1.1 - L'utilisation d'un SIG : Système d'Informations Géographiques, des données météorologiques et topographiques, ainsi que la saisie des morphologies urbaines spécifiques au site d'expérimentation, afin d'acquérir les données nécessaires à la simulation ;

2.1.2 – Le recours aux logiciels de C.F.D : Computational Fluid Dynamics, en référence au PHOENICS de CHAM, reconnu par la communauté scientifique, pour sa fiabilité et la rigueur de ces résultats pour la simulation des différentes configurations.

3 Phase de traitement et interprétations des résultats

La troisième phase, consiste à établir des recommandations sur la base des résultats obtenus pour une optimisation des cahiers de charges, et ce pour des éventuels opérations d'aménagement ou de réaménagements urbain pour un environnement aéraulique durable.

Structure de la thèse :

La structure de la présente recherche s'articule sur quatre chapitres, divisée en deux parties :

***La première phase de la recherche :**

Constituée de deux chapitres, concerne l'analyse des travaux et modèles entrepris auparavant, afin d'acquérir le vocabulaire approprié et les notions de base relatives au sujet.

- Le premier chapitre traitera les aspects physiques du vent aux différentes échelles, les notions de l'aérodynamique en générale et du vent spécifiquement et son contexte naturel et environnemental et son importance dans le développement urbain durable.

- Le deuxième chapitre sera consacré aux études et recherche qui porte sur le contexte urbain, les effets aérodynamiques sur les ensembles bâtis, leurs contextes et les méthodes expérimentale et informatiques employer pour le traitement des différents problèmes aéraulique, modélisation du vent en ces principes et outils. Les effets et la caractérisation aérodynamique des formes urbaines et les tissus urbains respectivement. D'autre part le chapitre traitera aussi du microclimat urbain, effets climatiques urbains et ilots de chaleur, la

pollution de l'air, les formes construites, couverture végétale / minéral, densité urbaine, orientations des bâtiments.

***La deuxième phase de la recherche :**

Elle comportera la simulation et l'analyse des résultats obtenus et une conclusion générale.

Elle se répartit en deux chapitres.

- Le troisième chapitre se consacre à la présentation du cadre d'étude et du site choisi ainsi que l'analyse bioclimatique sur le site choisie, milieu, environnement et paysage.
- Le quatrième chapitre fait part des simulations des écoulements d'air en milieu ouvert avec le logiciel de CFD (PHOENICS), ainsi que l'analyse des résultats donnés, les recommandations et les solutions proposer pour optimiser les effets aérauliques dans les ensemble bâtis et créer un meilleur confort hygrothermique et fera état d'une conclusion générale.

Chapitre I - Le paramètre vent et la question aérodynamique
Dans l'approche bioclimatique

Introduction

Le réchauffement climatique d'origine anthropique est en marche. L'Afrique en général et l'Algérie en particulier risquerait de connaître une augmentation du nombre et de l'ampleur des inondations et des phénomènes de sécheresses, ainsi que le déplacement, voire la disparition, de certaines espèces animales et végétales et un accroissement des risques sanitaires liés aux vagues de chaleur.

Dans le monde entier, les sociétés ont de tout temps cherché à s'adapter et à réduire leur vulnérabilité aux conséquences des phénomènes météorologiques et climatiques tels que les inondations, les sécheresses ou les tempêtes. Des mesures d'adaptation supplémentaires seront toutefois nécessaires à l'échelle régionale et locale pour réduire les effets néfastes de l'évolution et de la variabilité anticipée du climat, quelle que soit l'ampleur des mesures d'atténuation qui seront mises en place.

Quelles que soient les controverses sur l'origine du changement climatique, ses prévisions, ses causes et ses conséquences, les observations faites aujourd'hui montrent une tendance à la répétition des épisodes de canicule en Algérie. Les événements de fortes chaleurs constituent un risque pour les populations, notamment pour les personnes dites fragiles comme les personnes âgées ou malades. La plupart des décès excédentaires enregistrés dus à la canicule l'ont été dans les villes.

De ce fait, l'étude de la ventilation urbaine s'avère de plus en plus nécessaire pour faire face aux différents problèmes aérauliques que rencontre la ville et les nouvelles configurations urbaines. Le présent chapitre s'articule autour du traitement des aspects physiques du vent en milieux naturels, ainsi qu'à détailler les différents effets du vent sur la topographie d'un lieu donné et voir les phénomènes aérauliques qui en résultent. On verra le long de ce chapitre une présentation sur la mécanique des fluides numériques, ces méthodes, la construction de ces modèles. On traitera enfin, la manière dont l'aménagement urbain intervient sur le microclimat urbain.

I.1 - Les aspects physiques du vent à travers les différentes échelles climatiques :

I.1.1. - Le vent :

I.1.1.1 - Données d'ensemble :

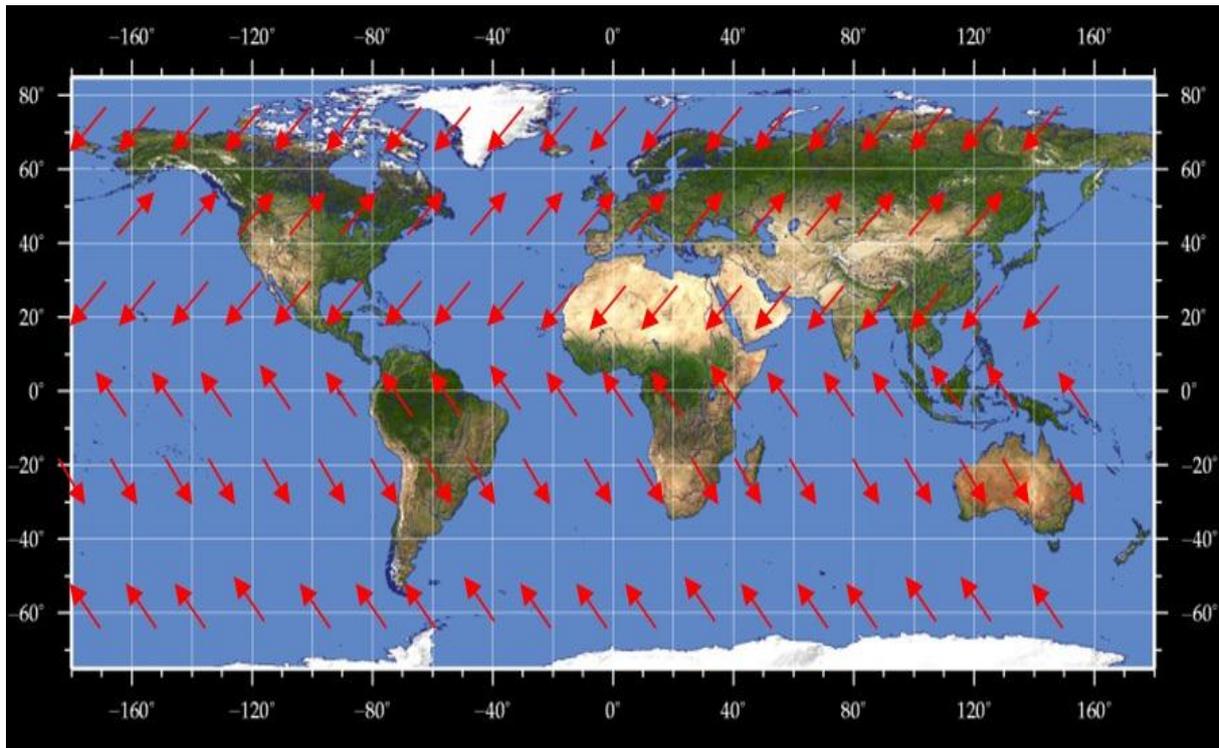
On ne peut demeurer indifférent devant les phénomènes liés à l'atmosphère. D'aucuns disent « qu'il y a de l'air », d'autres « qu'il y a du vent ». Lorsque les qualités physiologiques de l'environnement éthérique se modifient, il est possible d'éprouver nombre de sensations, dilatantes, tonifiantes, aussi bien qu'étouffantes ou déprimantes, sans pour cela voir rien bouger autour de soi. Mais, lorsque le vent se lève, lorsque les masses d'air sont en mouvement, on ressent alors des effets physiques (échauffement ou refroidissement, pression et tourbillons, évaporation et mouvements divers), auxquels sont associés des effets physiologiques de plus ou moins grande importance.

Dans sa structure matérielle on peut donc dire du vent qu'il est de l'air en mouvement, dû aux variations de pression et de température de l'atmosphère en divers points de la surface du globe. Le soleil chauffe inégalement la masse troposphérique suivant l'inclinaison de ses rayons, la composition des couches d'air et le degré d'absorption ou de réémission des sols et des mers.

Il s'ensuit que l'énergie du vent est une forme de l'énergie solaire, qui tient compte de l'existence de zones à hautes pressions permanentes d'où vient l'air (comme les zones polaires et péri tropicales Nord et Sud) et de zones de pressions permanentes (zone équatoriale et zones arctique et antarctique) où règne un calme relatif vers lesquelles se dirigent les vents. Comme l'indique la figure.1, la terre est donc entourée d'anneaux de surpressions et de dépressions (sept en tout) et des courants d'air atmosphériques s'établissent entre eux. Aux deux pôles règne un régime de vents dirigés de l'intérieur vers la côte. Au-delà des cercles polaires les vents dominants sont de l'Est. Dans les zones tempérées entre 40 et 60° de latitude soufflent les grandes brises d'Ouest (Sud-Ouest dans l'hémisphère Nord et Nord-Ouest dans l'hémisphère Sud compte tenu du sens de rotation de la terre). D'ailleurs c'est là le chemin des grandes dépressions cyclonales qui provoquent les grandes bourrasques atlantiques tout comme les tempêtes des mers australes. Entre 40 et 30° de latitude se situent les zones de calme variable, dites anticyclonales (anticyclone des Açores) à forte pression.

Puis, vers 30°, on trouve les alizés des deux hémisphères qui sont les vents les plus réguliers et les plus étendus de toute la Terre. Toutefois, cette zone tropicale est aussi la zone des cyclones et des typhons. Autour de cette trame première se tisse l'ensemble des

vents dont l'existence dépend des conditions locales, des reliefs et des champs de forces éparses dans la nature.



Source – Auteur.

Fig. 01. – Influence de la rotation terrestre le régime des vents

A - L'air : aspects vibratoires

L'air est bien plus élastique et compressible que l'eau et peut se déplacer beaucoup plus vite qu'elle. On a remarqué qu'à dimensions égales il fallait une célérité aérienne 14 fois plus grande que la vitesse de l'eau, pour obtenir des chaînes tourbillonnaires analogues, En outre sa sensibilité thermique est partie liée à sa densité et aux changements de pression : on peut dire que lorsqu'une onde sonore parcourt l'atmosphère, de la chaleur ou du froid sont transportés avec elle. L'air par cette faculté de se dilater et de se contracter affirme sans cesse son caractère tridimensionnel⁵.

⁵ R. Schieferstein a montré que les oiseaux d'une troupe triangulaire sont attachés les uns aux autres par l'air qui les relie, c'est-à-dire par l'élasticité de cet air. Le groupe se meut dans une forme d'air qu'il crée lui-même, et qui réagit à son tour sur chaque oiseau du groupe.

En effet si l'on regarde un cygne, on le voit traîner un sillage triangulaire de vagues sur lesquelles ses petits se font parfois porter. On sait aussi que l'on peut se faire porter par une vague en surfant et rester longtemps dessus.

I.1.1.2. Lecture descriptive de la météorologie du vent :

Le raisonnement par observation et déduction a permis de bâtir une science météorologique dont on connaît à la fois les capacités et les limites. Mais, en matière de probabilité annuelle de vent, il semble que l'on puisse prédire correctement ce qui peut arriver sur un site.

A – Les brises et les vents locaux ; étude des variations quotidiennes :

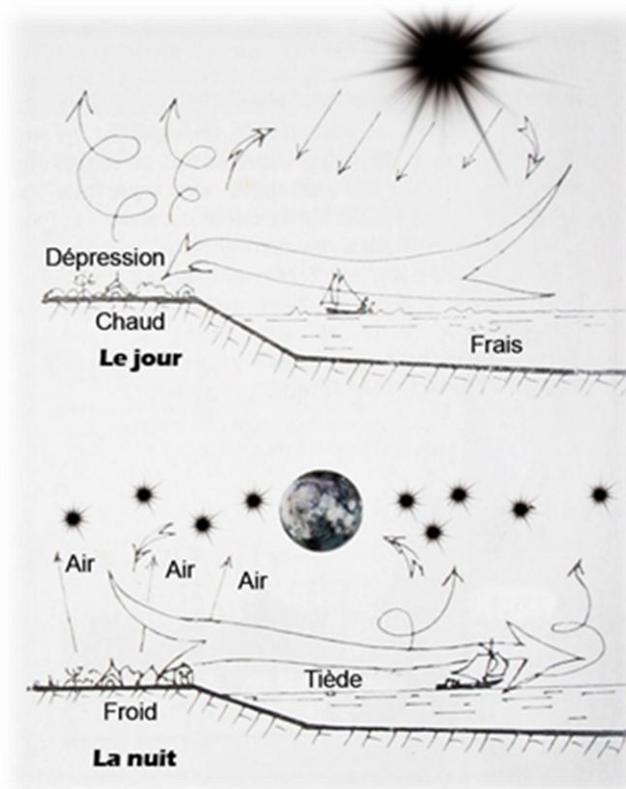
On sait que pendant la journée l'air au droit des océans et des lacs reste relativement frais, parce que beaucoup d'énergie solaire est consommée par l'évaporation ou absorbée par la masse d'eau elle-même . Par contre l'air terrestre s'échauffe rapidement surtout s'il n'y a pas trop de végétation et que le sol est de couleur claire : il y a alors peu d'évaporation et d'absorption terrestre et l'air ambiant profite du rayonnement pour s'échauffer ; par expansion il devient plus léger et s'élève. A ce moment-là se crée une dépression légère que vient combler l'air frais et lourd du large. C'est ainsi que se produit les brises côtières (se référer à la figure. 02), dont le mouvement tend à s'inverser entre le jour et la nuit, car la nuit la terre se refroidit plus vite que la masse d'eau et crée donc une zone à pression relativement plus forte : de l'air tend alors à s'en aller vers l'océan pour remplacer l'air tiède qui s'élève à la surface des eaux. Mais ce n'est pourtant pas partout le cas.

En montagne, les flans de vallées sud sont chauffés durant la journée et l'air chaud s'élève le long de leur paroi. Le mouvement se continue un certain temps et s'inverse la nuit : l'air froid descend alors le long des vallées tandis que l'air chaud s'élève au milieu d'elles (voir figure. 03).

B – Les variations instantanées alternatives :

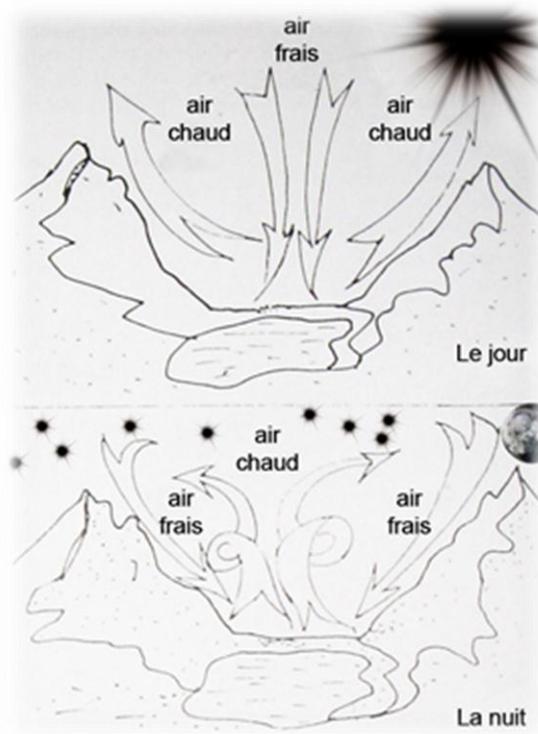
L'information que transporte le vent est supportée par une énergie vibratoire qui a l'inconvénient de frapper en rafales et à des fréquences continue-ment variables sur les bâtiments. La vitesse du vent est susceptible de doubler en une seconde.

En zones tempérées à reliefs il y a tellement de causes agissant sur le vent que l'on admet sans trop de mal son irrégularité comme étant la somme de toutes les « informations-déformations » qu'il a mémorisées en circulant.



Source – Le CHAPPELLIER P., 1981 + auteur.

Fig. 02.- Processus climatiques produisant les brises côtières.



Source – Le CHAPPELLIER P., 198, p16.

Fig. 03.- Interprétation du mouvement de l'air en montagne.

C – Les variations à long terme :

Les relevés de l'Organisation Mondiale Météorologique montrent que le vent est assez régulier d'une année sur l'autre.

Il semblerait qu'il y ait des périodes de variation, pouvant atteindre 20 années, pendant lesquelles le vent moyen forçait ou diminuerait.

D – Les effets de variation :

Le vent sur un site donné varie très souvent en force et en direction, d'un instant à l'autre, sans que cela se remarque particulièrement sur la moyenne. Mais les laboratoires U.S.Sandia⁶, chargés par l'ERDA⁷ (Earthwise Resource Development Australasia) d'effectuer des recherches sur le vent, compte tenu que la puissance du vent est proportionnelle au cube de la vitesse et que les incessantes oscillations, rafales et hachures autour du vent moyen provoquent des variations instantanées de vitesse, ont estimé que l'énergie du vent disponible sur un site donné pouvait atteindre deux à trois fois celle calculée d'après la vitesse moyenne annuelle locale.

E – L'enregistrement du vent et Rose des vents :

Il convient d'établir une carte des directions d'où le vent a tendance à souffler sur le site. Elle permet de se rendre compte de la façon dont les compositions urbaines peuvent être envisagés et orientés par rapport au vent. Cette Rose des vents est établie d'après les relevés de l'office météorologique le plus proche ou mieux d'après les relevés que l'on aura établi sur le site, à l'aide d'anémomètres enregistreurs. Si on dispose des relevés météorologiques, on peut regarder s'ils sont conformes à ceux d'un anémomètre, par exemple loué durant un temps réduit, et en déduire par itération une approche probabiliste de la Rose des vents sur le site ainsi que la courbe vitesse-durée.

Ainsi, avant d'installer un bâtiment exposé, faudra-t-il se procurer d'un certain nombre de renseignements relatifs aux moyennes (vitesse et Rose des vents) ainsi qu'aux situations extrêmes (tempêtes et calmes plats). Si l'on ne dispose pas d'enregistreur anémométrique mais que l'on demeure sur le site, on peut se servir des sensations et effets que le vent procure à l'environnement pour en supposer correctement l'intensité, l'origine et la durée.

⁶ www.sandia.gov/, 2011.

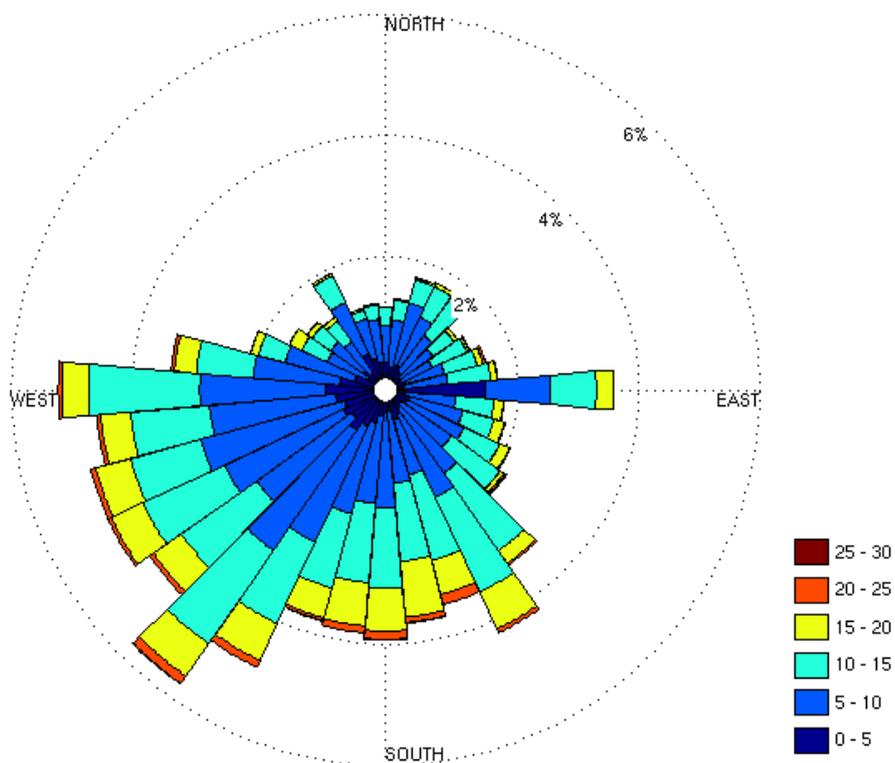
⁷ www.abbreviations.com, 2011.

F – l'évaluation du vent :

Elle peut permettre non seulement de se faire une idée mais également de concevoir les correctifs à apporter aux valeurs de la station météorologique et de chiffrer tout cela, à vue d'œil. Dans un esprit tout aussi méthodique il y a l'échelle terrestre et l'échelle de Beaufort (se référer Tab n°1) qui classent les vents suivant leur force. Nous retiendrons l'échelle de Beaufort en raison de sa très grande utilisation.

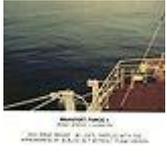
Les vitesses moyennes annuelles terrestres varient en général de 3 m/s à 8 m/s ; mais le vent le plus fréquent sur le site est en général un vent de force plus faible que celui qui correspond à la vitesse moyenne annuelle.

Une rose des vents est une figure indiquant les points cardinaux : nord, sud, est, ouest et les orientations intermédiaires, jusqu'à 32 directions. En fait, les roses initiales n'indiquaient pas quatre directions mais huit vents (se référer à la Figure 04).



Source : mathworks.com

Fig. 04 – exemple de Rose des vents

Force	Termes	Symboles	Vitesse en nœuds	Vitesse en km / h	État de la mer	Effets à terre	Photos de l'état de la mer
0	Calme		moins de 1	moins de 1	La mer est comme un miroir	La fumée monte verticalement	
1	Très légère brise		1 à 3	1 à 5	Quelques rides ressemblant à des écailles de poisson, mais sans aucune écume	La fumée indique la direction du vent. Les girouettes ne s'orientent pas.	
2	Légère brise		4 à 6	6 à 11	Vaguelettes ne déferlant pas	On sent le vent sur le visage, les feuilles bougent.	
3	Petite brise		7 à 10	12 à 19	Très petites vagues. Les crêtes commencent à déferler. Écume d'aspect vitreux. Parfois quelques moutons épars	Les drapeaux flottent bien. Les feuilles sont sans cesse en mouvement.	
4	Jolie brise		11 à 16	20 à 28	Petites vagues, moutons assez peu fréquents	Les poussières s'envolent, les petites branches plient.	
5	Bonne brise		17 à 21	29 à 38	Vagues modérées, moutons, éventuellement embruns	Les petits arbres balancent. Les sommets de tous les arbres sont agités.	

Source : <http://fr.wikipedia.org/>

Tab. n°1 –L'échelle de beaufort

Force	Termes	Symboles	Vitesse en nœuds	Vitesse en km / h	État de la mer	Effets à terre	Photos de l'état de la mer
6	Vent frais		22 à 27	39 à 49	Crêtes d'écume blanches, lames, embruns	On entend siffler le vent.	
7	Grand vent frais		28 à 33	50 à 61	Trainées d'écume, lames déferlantes	Tous les arbres s'agitent.	
8	Coup de vent		34 à 40	62 à 74	Tourbillons d'écumes à la crête des lames, trainées d'écume	Quelques branches cassent.	
9	Fort coup de vent		41 à 47	75 à 88	Lames déferlantes grosses à énormes, visibilité réduite par les embruns	Le vent peut endommager les bâtiments.	
10	Tempête		48 à 55	89 à 102	Conditions exceptionnelles : Très grosses lames à longue crête en panache. L'écume produite s'agglomère en larges bancs et est soufflée dans le lit du vent en épaisses trainées blanches. Dans son ensemble, la surface des eaux semble blanche. Le déferlement en rouleaux devient intense et brutal. Visibilité réduite	Gros dégâts.	

Source : <http://fr.wikipedia.org/>

Tab. n°1 –L'échelle de beaufort

Force	Termes	Symboles	Vitesse en nœuds	Vitesse en km/h	État de la mer	Effets à terre	Photos de l'état de la mer
11	Violente tempête		56 à 63	103 à 117	Conditions exceptionnelles : Lames exceptionnellement hautes (les navires de petit et moyen tonnage peuvent, par instant, être perdus de vue). La mer est complètement recouverte de bancs d'écume blanche élongés dans la direction du vent. Partout, le bord de la crête des lames est soufflé et donne de la mousse. Visibilité réduite	Très gros dégâts.	
	Ouragan ou bombe météorologique au dessus du 40° parallèle		égal ou supérieur à 64	supérieur à 118	Conditions exceptionnelles : L'air est plein d'écume et d'embruns. La mer est entièrement blanche du fait des bancs d'écume dérivants. Visibilité fortement réduite	Dégâts très importants	

Source : <http://fr.wikipedia.org/>

Tab n° 1. L'échelle de beaufort

G- Les effets de l'altitude et des reliefs :

La vitesse moyenne annuelle (Vma), tout comme la vitesse instantanée du vent, dépend de la hauteur libre au-dessus du sol, de la sinuosité et des accidents et effets de peau du relief local.

Au voisinage du sol, en raison des frottements et des échanges informationnels, il se crée des ralentissements des filets et courants d'air, qui poussent à la formation de tourbillons. Il peut donc se créer un écoulement turbulent, qui ne fait pas une énergie de qualité pour des aéromoteurs avides de brises laminaires.

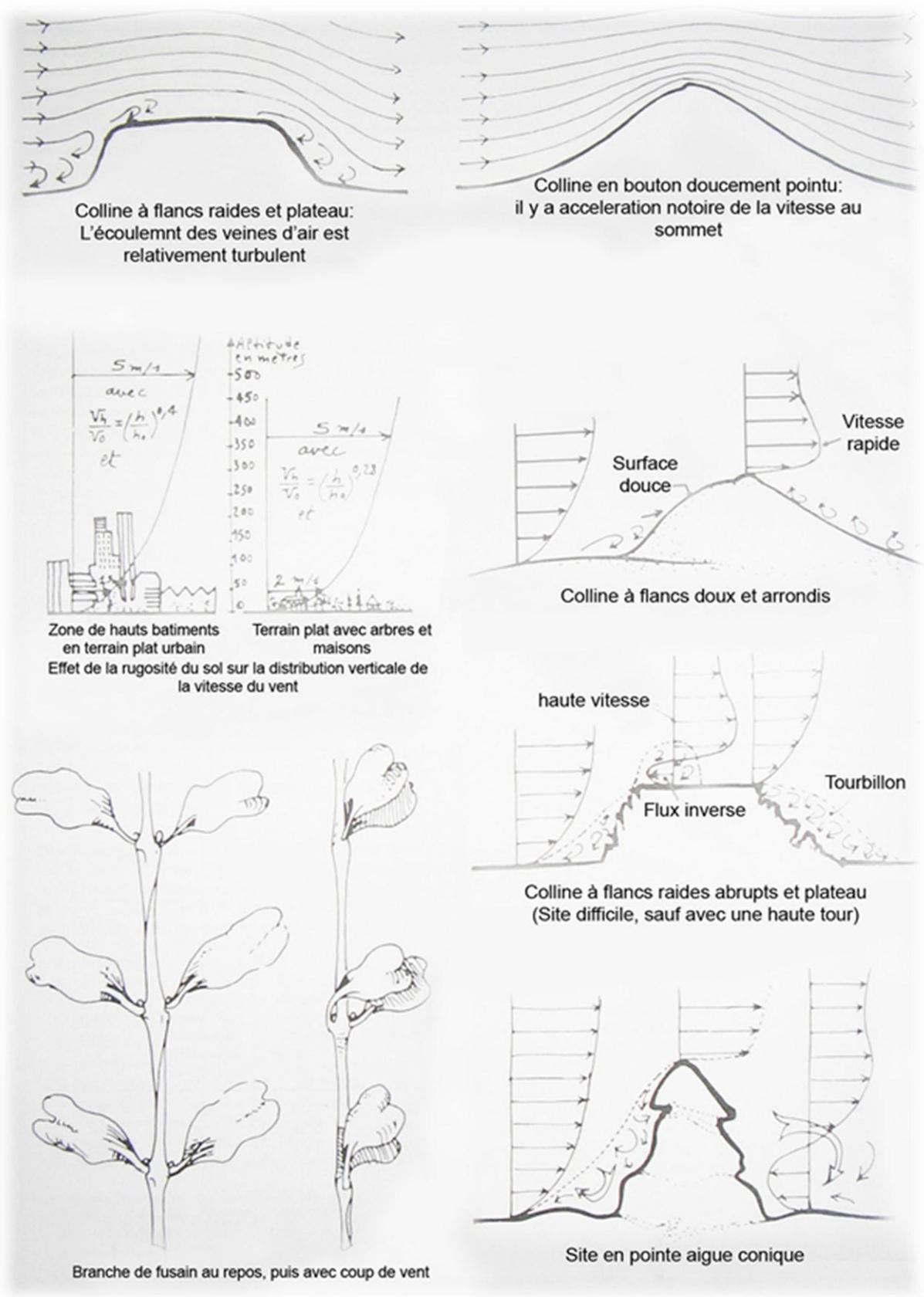
D'une façon générale, la vitesse du vent augmente avec l'altitude, suivant ce que l'on appelle le gradient de vitesse α (celui-ci dépend de la nature du freinage au sol), la vitesse du vent est proportionnelle à la puissance et de la hauteur.

Lorsque le vent rencontre une colline à pente douce et lisse et si l'écoulement n'est pas trop rapide, on obtient un renforcement de la vitesse des couches d'air près du sommet par ce que l'on appelle l'effet Venturi (un fluide passant dans un étranglement est contraint d'y circuler plus vite). Une colline à flancs trop raides et brutaux ne fournira pas autant d'accroissement énergétique. Il faudra alors surtout compter sur le gain ordinaire d'altitude et être sûr d'être à l'écart des effets tourbillonnaires. S'il y a le choix, on se portera vers une colline à forme conique (en courbe de Gauss) plutôt que vers une colline à pentes raides et plateau plat. Les schémas démontrent comment les différents écoulements de l'air suivant la forme du relief (se référer à la Fig. n° 05).

Altitude du sommet en m	Vitesse moyenne annuelle au sommet en m/s	Vitesse moyenne annuelle de l'environnement en m/s	Grain de vitesse %
150	11.2	6.7	67
365	12.1	7.8	54
568	11.2	5.6	100

Source : LE CHAPPELLIER, Pierre, 1981

Tab n° 02 . Les rapports du grain de vitesse du vent à l'altitude.



Source : LE CHAPPELLIER, Pierre, 1981, p 22.

Fig. 05 – Illustration sur la variation des écoulements de l'air selon la morphologie du relief.

Au sommet d'une colline, par contre, le coefficient d'accroissement varie lui-même avec l'altitude (voir Tab n°2). Ceci a permis de définir les courbes donnant la variation de la vitesse du vent suivant la hauteur pour le sommet libre de colline comme pour le terrain plat avec arbres avoisinants.

H- Géographie du vent :

Grâce aux études de l'O.M.M (Organisation météorologique mondiale) on dispose de quelques renseignements sur la répartition des gisements éoliens dans le monde (voir Fig. 06).

A plus grande échelle, et pour des contrées spécifiques, il faudrait disposer d'enregistrements effectués sur les bons sites à altitude correcte et non au ras des pâquerettes aéroportuaires (où il y a peu de vent en général).

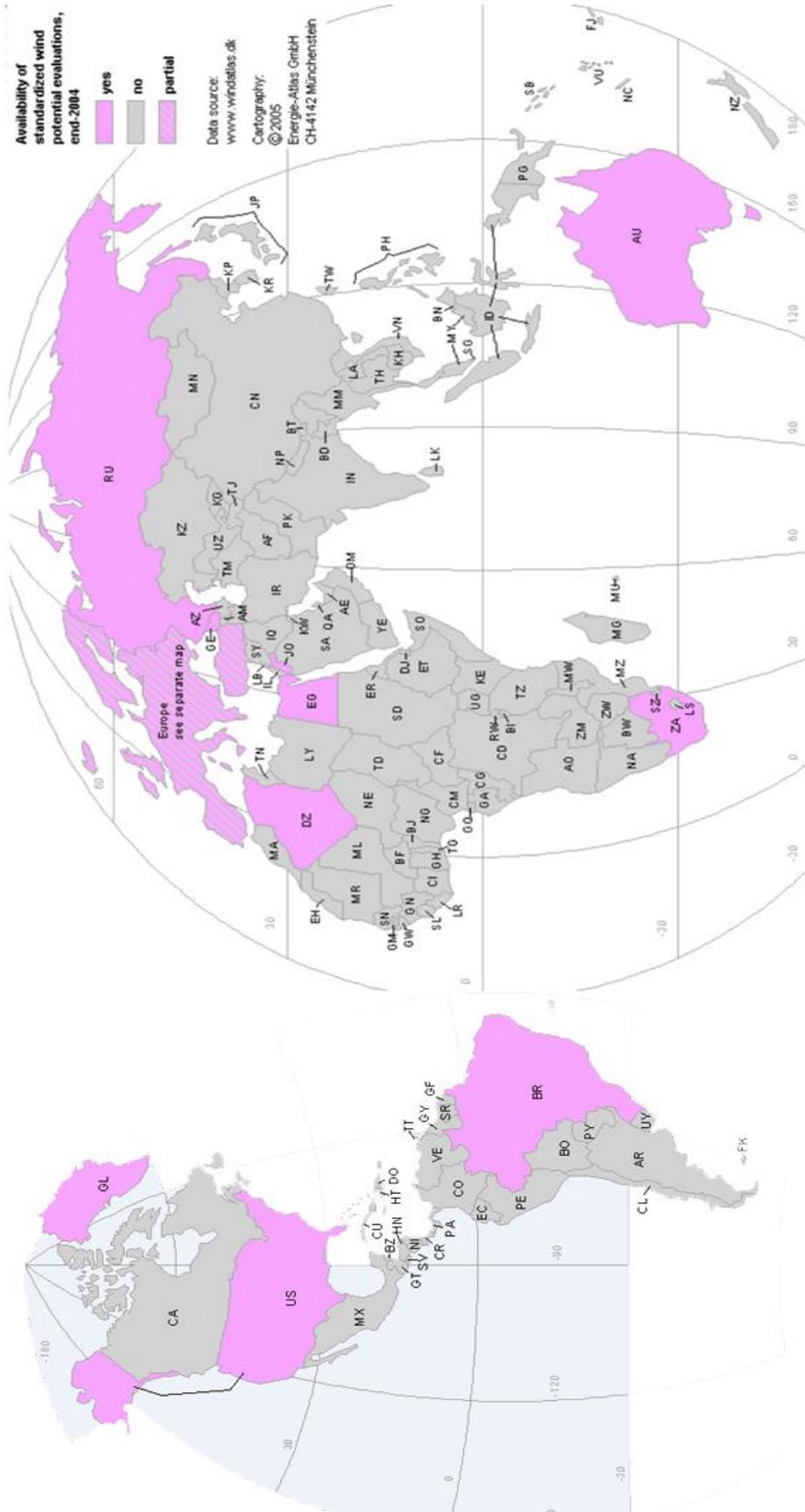
C'est pourquoi les valeurs prises en compte pour l'Algérie ne constituent qu'une première approche destinée à dégrossir la question et ne sauraient exprimer la réalité sensible d'au-dessus du terrain. Il en est de même pour l'Amérique du Nord et les autres pays. En Algérie, la vitesse moyenne du vent est de 4,5 m/s environ (voir Fig. n°08).

I.1.2. - Les vents en Algérie :

Pour l'Algérie du nord il est important de comprendre le phénomène vent, en corrélation directe avec la classification des différents types de temps et de l'identification des mécanismes de circulation atmosphérique du lieu (voir Tab n° 3).

I.1.2.1 – L'énergie éolienne disponible en Algérie :

La figure 08 présente la carte des vitesses moyennes annuelles du vent en Algérie, estimées à une altitude de 10 mètres au-dessus du sol. Les vitesses obtenues à l'aide de l'interpolation varient de 1 à 6.5 m/s.



Source : www.windatlas.dk, 2011.

Fig. 06 – Evaluation du potentiel éolien mondial.

Types de temps observé sur l'ensemble du territoire algérien		Observations sur les comportements du vent
Le régime anticyclonique : se démarque par l'alternance du type de temps Nord-Est, Sud et Ouest en période hivernale, et celle du type méditerranéen en période estivale.	Type Nord-Est chaud et calme	Une température supérieure à moyenne mensuelle, des vents faibles fréquemment calmes soufflent au sol dans le secteur Nord-Est.
	Type Sud, sec et chaud.	Une température au-dessus de la normale avec des amplitudes diurnes importantes, les vents restent calmes à peut prononcer au sol, les vents Sud-Ouest dominent la nuit jusqu'à la fin de la matinée pour être remplacé par la brise maritime du Nord-Est .
	Type Ouest humide	Une température de faible amplitude qui reste élevée le jour, les vents sont calmes et faibles, de directions Sud-Est à Sud-Ouest, la brise de terre souffle vers la mer à partir de minuit le soir celle-ci est nettement observée le matin au lever du soleil.
	Type méditerranéen, doux et beau temps	Se caractérise à des températures douces, des variations thermiques moyennes entre le jour et la nuit. Les vents sont de directions variantes entre le Nord, le Sud et l'Est.

Tab n°.3.1, classification des vents selon la typologie du temps recensé en Algérie en régime anticyclonique.

Types de temps observé sur l'ensemble du territoire algérien		Observations sur les comportements du vent
Le régime cyclonique :	Type dépression tyrrhénienne, temps mauvais et froid.	Les températures sont inférieures à la normale, l'action du relief sur la température est fortement diminuée par des actions combinées intervenant sur les régimes pluviométriques régionales. Les vents sont généralement forts à moyen soufflant dans le secteur Nord-Ouest à Nord
	Type de courant d'Ouest	Se caractérisent par les températures qui ne sont pas sous l'influence du courant froid, les vents sont forts à moyen

se démarque par l'alternance du mauvais temps tyrrhénien, Ouest, Sud-Ouest l'hiver et celui du sud-Est avec Sirocco en période estivale	et du Sud-Ouest.	de direction Sud-Est a Sud-Ouest, qui souffles également a une vitesse moyenne.
	Type courant du Sud-Est avec Sirocco, temps très chaud et couvert	Le Sirocco s'accompagne de troubles atmosphériques poussiéreuses et de manifestations orageuses. Des manifestations météorologiques sont constatées dans le rythme thermique. Les vents faibles restes de directions Sud-Est et Sud et tourne vers le Sud-Ouest.

Tab n° 3.2, classification des vents selon la typologie du temps recensé en Algérie en régime cyclonique.

Si on veut définir des classes, suivant leur importance dans la figure 08, on distingue quatre classes, à savoir :

Classes	La vitesse moyenne du vent en m/s
1	$V < 3.0$
2	$3.0 < V < 4.0$
3	$4.0 < V < 5.0$
4	$5.0 < V$

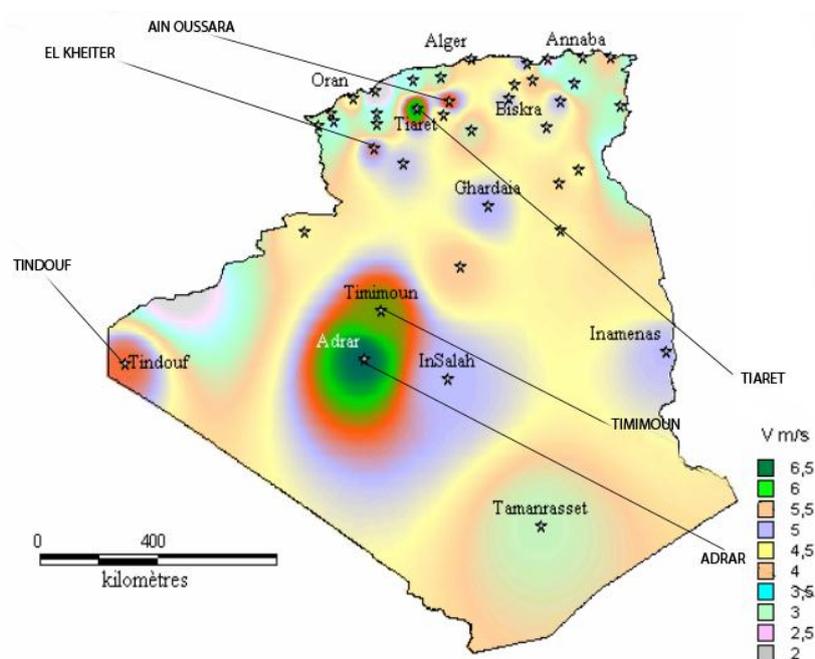
Source : Rev. Energ. Ren. : Valorisation (1999) 209-214

Tab n° 4 – classification des vents en Algérie en fonction des vitesses moyennes annuelles.

On remarque que la majorité du territoire se trouve classé dans la gamme de vitesses allant de 3 à 4 m/s, (région des Hauts Plateaux et le Sahara). Les vitesses du vent augmentent et sont maximales dans les régions situées au centre du grand Sahara (Adrar, In Salah et Timimoun).

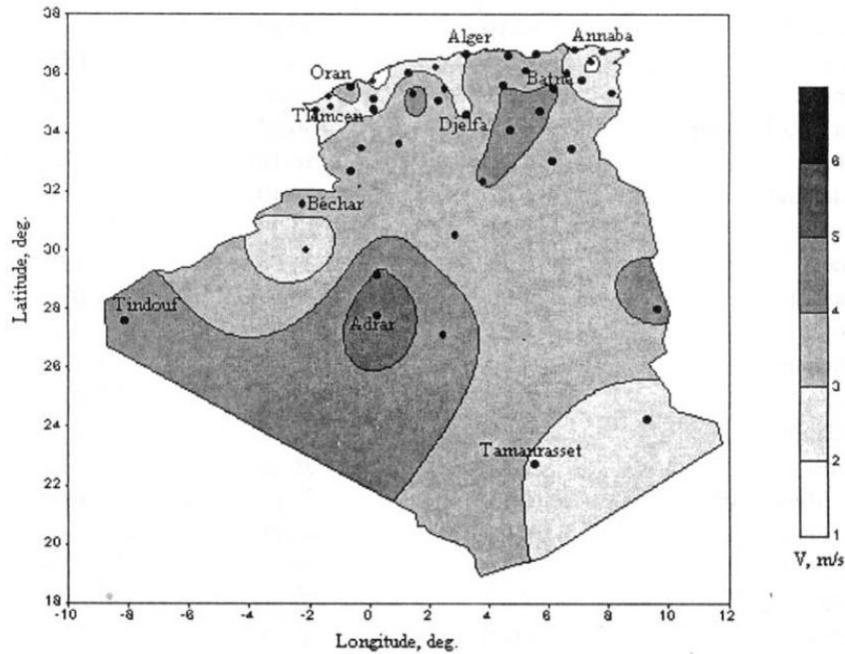
On distingue plusieurs microclimats, à savoir autour d'Oran, Tiaret, In Aménas, ainsi que les environs de Biskra, où les vitesses de vent enregistrées sont supérieures 4 m/s.

Enfin, la côte Ouest de la méditerranéenne, le Hoggar, ainsi que la région de Béni Abbès présentent les vitesses moyennes annuelles les plus faibles (< 3 m/s).



Source : Centre de Développement des Energies Renouvelables, Laboratoire Energie Eolienne, <http://www.riob.org> ,2011.

Fig. 07– Atlas de la vitesse du vent à 10 m



Source : Rev. Energ. Ren. : Valorisation (1999) 209-214, pp212.

Fig. 08– Cartographie des vitesses moyennes annuelles des vents en Algérie à 10 mètres d'altitude.

I.1.3. - Les brises vents :

I.1.3.1- Fonction des brise-vents:

En restreignant la force du vent, les brise-vent modifient le climat dans les zones qu'ils abritent. La vitesse réduite du vent entraîne les résultats suivants :

- Réduction de la vitesse de l'écoulement du vent.
- Températures modérées du sol et de l'air.
- Humidité relative plus élevée.
- Évaporation réduite et humidité du sol accrue.

Ces résultats dépendent de la hauteur, de la longueur, de la densité, de l'emplacement et des essences d'arbres et d'arbrisseaux.

I.1.3.2- Les brises vents naturels :

A - Les effets aérodynamiques de brise-vent isolés :

Les brise-vent ont tout d'abord été utilisés pour réduire la vitesse du vent au niveau des des habitations. Mais, cette réduction de la vitesse du vent, modifie l'ensemble des échanges convectifs, ce qui se traduit par un nouvel équilibre microclimatique.

Les effets aérodynamiques des brise-vent dépendent tout d'abord de leurs caractéristiques géométriques (hauteur, longueur, porosité, structure...) et ensuite de celles du vent.

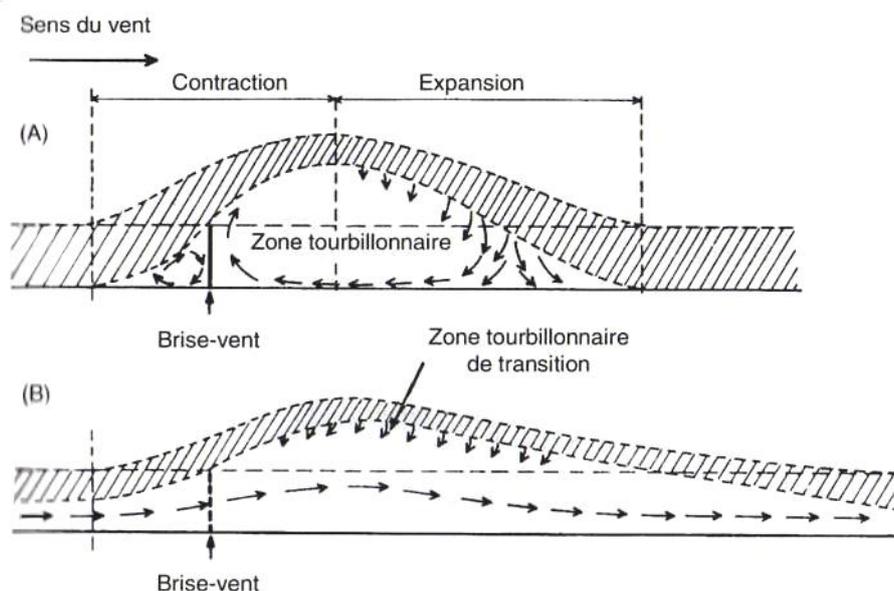
- *La hauteur* : la longueur de la zone protégée par des brise-vent de même forme est proportionnelle à leur hauteur H . On la prend généralement comme unité de mesure des distances et des hauteurs, pour faciliter les comparaisons.
- *La longueur* : elle ne joue un rôle jugé important que pour des brise-vent relativement courts ($< 10H$).
- *La porosité* : ce facteur joue un rôle très important et l'on peut distinguer schématiquement deux types de brise-vent : les brise-vent perméables et les brise-vent imperméables (comme cela est indiqué sur la Fig. 09.).

Dans le cas d'un brise-vent imperméable (mur ou rideau d'arbres très dense). L'air est totalement dévié vers le haut et il se crée un vaste tourbillon à l'aval du brise-vent. On observe ainsi au voisinage du sol un vent de sens opposé à celui du vent incident. L'air qui est passé par dessus le brise-vent se rabat vers le sol à une distance voisine de 5 à 6 fois sa hauteur (5 à 6 H). Dans cette zone, au voisinage du sol, le vent va tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre et il peut alors occasionner des dégâts sur la végétation (chute de fruits en particulier).

Lorsque le brise-vent est perméable (Figure 09.B), une partie de l'air incident passe à travers lui et empêche la formation de tourbillons. La vitesse du vent est moins réduite que dans le cas d'un brise-vent imperméable mais la réduction se fait sentir sur une distance plus grande.

De nombreux résultats expérimentaux obtenus dans différentes conditions montrent ainsi l'existence de deux types d'écoulements à l'aval d'un brise-vent : un écoulement de type « obstacle imperméable »

Lorsque la porosité est inférieure à 25 % et un écoulement de type « obstacle perméable » lorsque la porosité est supérieure à 25 %.



Source : « climatologie de l'environnement », Gérard Guyot, 1999, p241

Fig. 09 – Représentation schématique de l'effet d'un brise-vent sur l'écoulement de l'air.

A - Brise-vent imperméable; B - Brise-vent perméable (d'après Guyot et al 1987).

Les résultats expérimentaux montrent l'existence d'une valeur optimale de la porosité⁸.

L'extension de la zone protégée par un brise-vent est très variable. Elle dépend de nombreux facteurs, mais pour fixer les idées, on peut dire que dans une zone dégagée, la longueur moyenne de la zone protégée par un brise-vent perméable, est de l'ordre de $20 H$ et de $12 H$ pour un brise-vent imperméable⁹.

La structure du brise-vent : lorsque les brise-vent sont constitués par des rideaux d'arbres, leur porosité peut varier en fonction de la hauteur au-dessus du sol. Ils peuvent avoir soit une base imperméable, fermée par des buissons ou des arbustes, soit au contraire, une base très perméable et une partie supérieure peu perméable.

B - Les effets microclimatiques des brise-vent isolés :

Alors que dans une zone plane et homogène on observe une variation des facteurs climatiques uniquement selon un axe vertical, au voisinage d'un brise-vent on observe en plus une variation en fonction de la distance au brise-vent selon un axe horizontal. Tous les facteurs du microclimat sont affectés et en particulier le bilan radiatif, la température de l'air

⁸ Porosité : pourcentage de la surface frontale occupé par les trous, pour un brise-vent sans épaisseur. Pour un rideau d'arbres, la porosité est définie comparativement à un brise-vent sans épaisseur qui aurait les mêmes effets aérodynamiques.

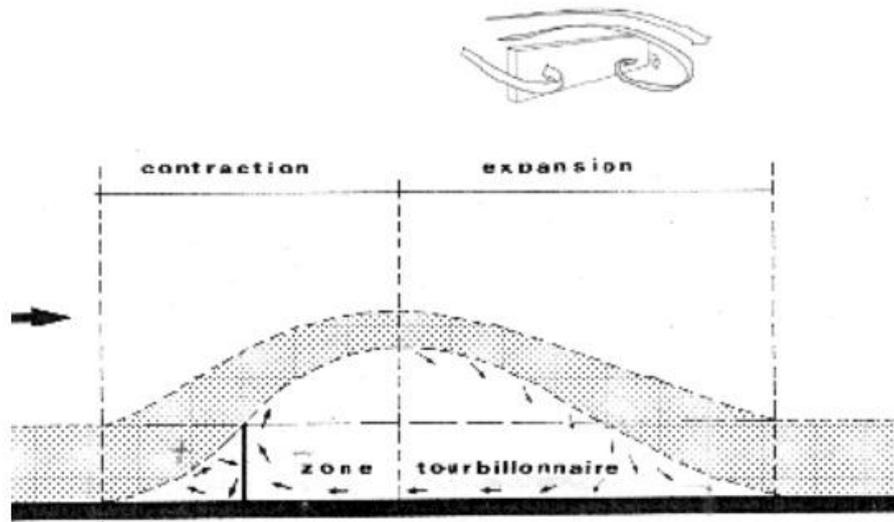
⁹ Gerard Guyot, « Climatologie de l'environnement. Cours et exercices corrigés, 2ème édition », collection : science Sup, 1999, p241.

et du sol, l'évapotranspiration potentielle et réelle, la distribution des précipitations sur un plan horizontal.

I.1.3.3- Les brises vents artificiels:

Les brise-vent artificiels et végétaux (en ligne, en masse), les talutages et leur combinaison permettent de maîtriser localement par effet de filtre ou de déflecteur l'impact du vent.

- Les brise-vent artificiels.

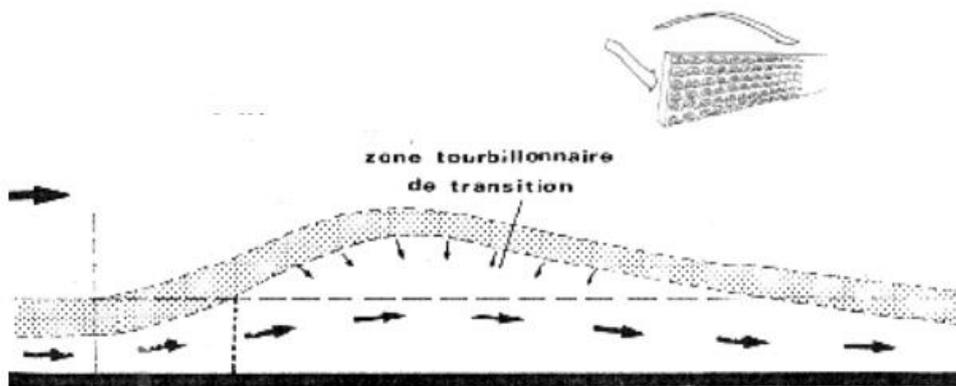


Source : LE VENT - L'ARCHITECTURE ET L'AMENAGEMENT URBAIN
Intervention de cours - conférence en 4eme année à l'école d'architecture de Marseille Luminy

Fig. 10 – cas de l'écran plein

Les écarts de pression en amont et en aval sont importants.

- Existence d'un tourbillon amont.
- Les retombées de flux en sillage sont importantes.
- Bonne efficacité sur courte distance et zone de protection peu étendue



Source : LE VENT - L'ARCHITECTURE ET L'AMENAGEMENT URBAIN
Intervention de cours - conférence en 4eme année à l'école d'architecture de Marseille Luminy

Fig. 11 – cas de l'écran poreux

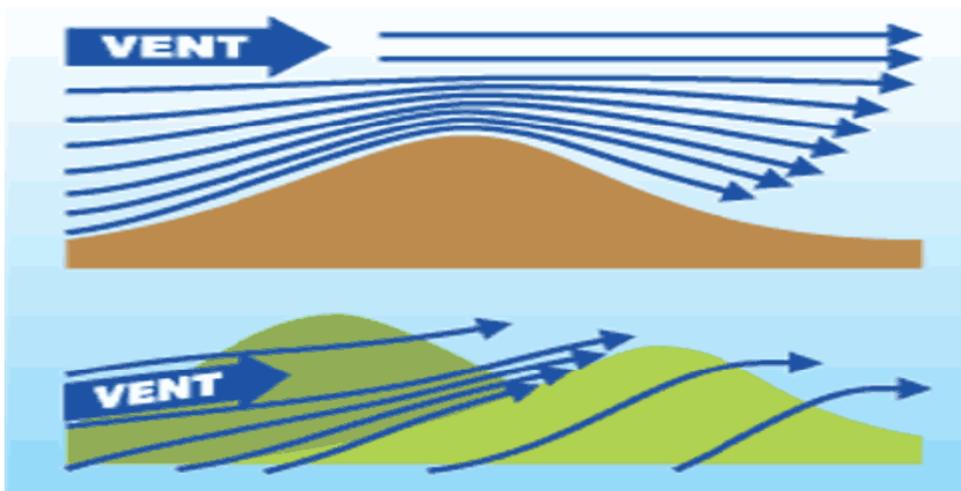
Les écarts de pression en amont et en aval sont rééquilibrés.

- Les retombées de flux en sillage sont moins fortes.
- Jet d'air à proximité de l'écran.
- Bonne efficacité sur moyenne distance et zone de protection plus étendue.

I.1.4. - Effets des obstacles aéraulique naturels :

I.1.4.1 - La topographie du site et le vent :

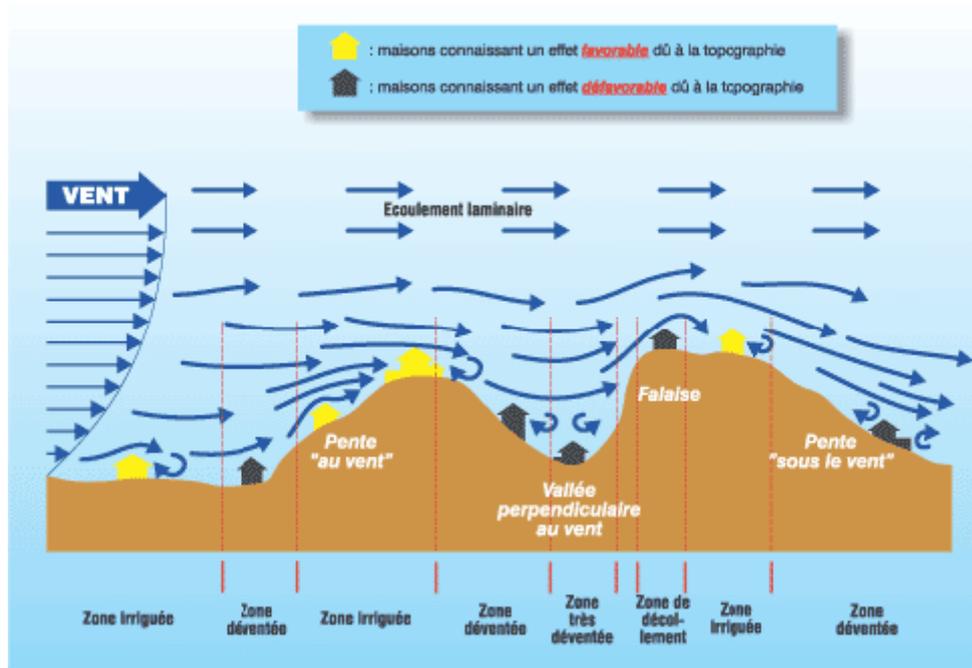
La topographie et l'environnement de proximité du site influencent fortement la potentialité de la ventilation naturelle des bâtiments (voir figure 12).



Source : <http://www.energies-renouvelables.org/>

Fig. 12 –“Concentration” du vent : au sommet de la colline et entre deux collines.

La topographie du site et l'environnement de proximité du bâti influent sur la potentialité de la ventilation naturelle. Certains sites sont correctement exposés au vent, d'autres sont au contraire peu ou pas ventilés. En climat chaud et humide, la ventilation est une condition essentielle du confort. Il est important d'implanter les constructions sur des sites topographiques propices au renforcement des vents. En terrain plat dégagé de tout obstacle aéraulique, le potentiel de ventilation naturelle dépend de la fréquence des vents dominants.



Source : <http://www.energies-renouvelables.org/>

Fig. 13 – Zones favorables (irriguées) et zones défavorables (déventées) à la ventilation naturelle due au vent, en fonction de la topographie du site (d’après le CSTB/France).

Le potentiel de ventilation naturelle dépend de l’orientation de l’habitat par rapport au vent et de sa position dans le relief. Certains emplacements seront dits “au vent” ou “sous le vent”. Sur les pentes exposées aux vents, le potentiel de ventilation est globalement meilleur qu’en terrain plat.

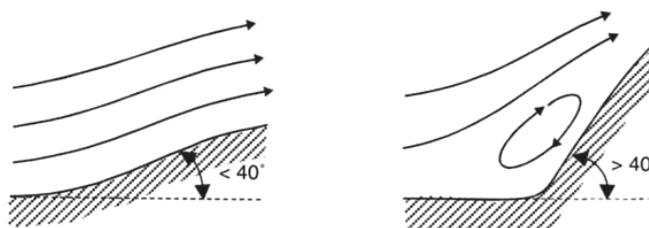
La partie basse d’une pente face au vent est une zone déventée. En sommet de colline, on remarque une accélération importante du vent (voir figure 13). Un effet local peut être à l’origine d’un décollement du vent induisant une zone déventée. Le potentiel de ventilation naturelle se réduit considérablement en forte pente. Le vent a tendance à se décoller du sol en arrivant au sommet de la colline.

Les reliefs abrupts favorisent les effets topographiques locaux. Il est difficile d’y établir des règles. L’implantation favorable d’un bâtiment peut augmenter son potentiel de ventilation de 10 à 20 %. Par contre, une mauvaise implantation le diminuera de 30 à 70 %. Les constructions sont à éviter en pied de collines et dans les vallées d’axes perpendiculaires aux vents dominants. Il est préférable d’implanter le bâti en sommet de relief ou entre deux obstacles induisant un effet Venturi.

Effet d'une pente :

D'une façon générale, les filets d'air ont tendance à épouser plus ou moins les profils du relief du côté au vent si les pentes ne sont pas trop accentuées. Par contre, lorsque l'on a de fortes pentes on observe alors le décollement de l'écoulement et la formation d'un tourbillon dont l'axe est horizontal.

La séparation entre les deux types d'écoulements se produit pour des pentes voisines de 40° (Figure 14). En revanche, du côté sous le vent, on observe le plus souvent un décollement de l'écoulement.



Source : « climatologie de l'environnement », Gérard Guyot, 1999, p266.

Fig. 14 – Effet d'une pente sur l'écoulement de l'air.

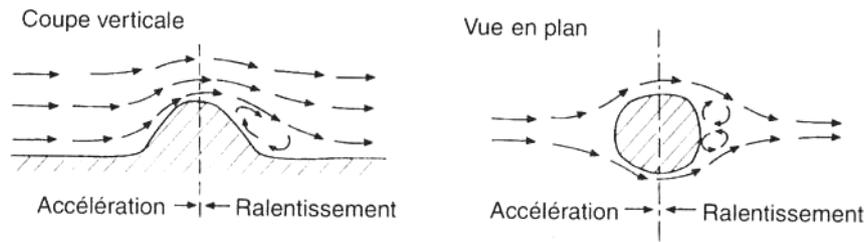
Lorsque le vent se plaque sur une pente, sa vitesse s'accroît (contraction de la veine d'air). Inversement, du côté sous le vent d'une pente on observe une réduction de la vitesse du vent (expansion de la veine d'air). Le décollement de l'écoulement est une caractéristique des fluides visqueux et il s'accompagne toujours de la formation d'un courant de retour au voisinage immédiat de la surface¹⁰.

Effet d'une colline :

Une colline isolée permet un écoulement latéral de l'air et si sa largeur est assez faible (quelques kilomètres au plus) les mouvements verticaux ont une amplitude limitée. En plan on observe une accélération du vent sur les côtés de la colline et surtout au voisinage de son sommet¹¹. Par contre, du côté sous le vent la vitesse du vent est plus faible et correspond à une zone de forte turbulence (Figure 15).

¹⁰ Gerard Guyot, « Climatologie de l'environnement. Cours et exercices corrigés, 2ème édition », collection : science Sup, 1999, p266.

¹¹ Gerard Guyot, « Climatologie de l'environnement. Cours et exercices corrigés, 2ème édition », collection : science Sup, 1999, p266.



Source : « climatologie de l'environnement », Gérard Guyot, 1999, p266.

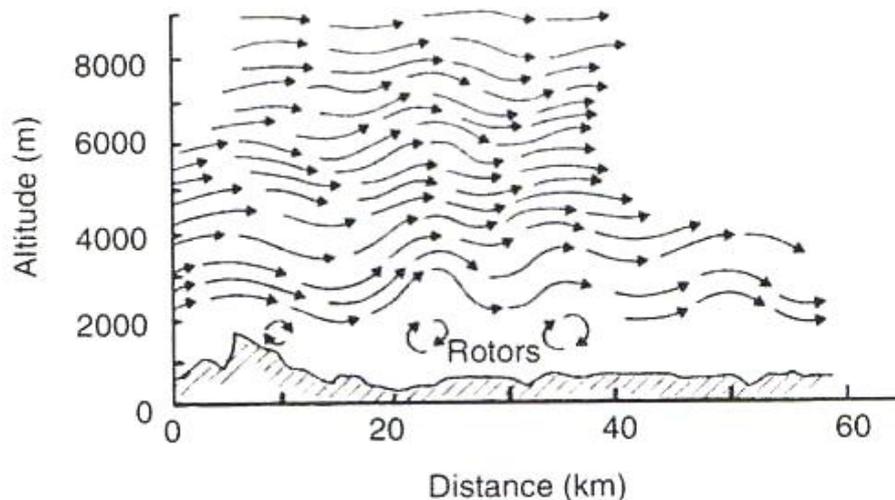
Fig. 15 – Représentation schématique de l'écoulement de l'air Au voisinage d'une colline isolée.

A - Effets des ensembles montagneux :

a -Effets dynamiques des ensembles montagneux :

Lorsque le vent arrive sur un ensemble montagneux celui-ci se présente comme une véritable barrière qui induit de forts mouvements verticaux. À l'amont, le vent est en général peu turbulent et suit les pentes si elles ne sont pas trop prononcées (inclinaison inférieure à 40°).

En revanche, à partir du passage de la ligne de crête l'écoulement présente un décollement avec l'apparition d'ondes de relief qui sont des mouvements ondulatoires de l'écoulement qui s'amortissent progressivement. Ces systèmes d'ondes dégénèrent lorsque l'on se rapproche du sol en donnant naissance d'une part à de petits tourbillons isolés contre le relief lui-même et d'autre part à des tourbillons à axe horizontal appelés rotors, en phase avec le sommet des ondulations (Figure 16).



Source : « climatologie de l'environnement », Gérard Guyot, 1999, p267.

Fig. 16 –Mouvements ondulatoires induits par le relief (Exemple de l'axe Orpierre Saint-Auban dans les Alpes du Sud - d'après Gerbier et Béranger, 1960).

Le nombre d'ondulations, ainsi que leur longueur d'onde sont variables et dépendent de la stratification thermique de l'atmosphère, de l'inclinaison de la pente de la montagne et de la vitesse du vent¹². On peut souvent observer 5 à 6 ondulations espacées de 5 à 10 km.

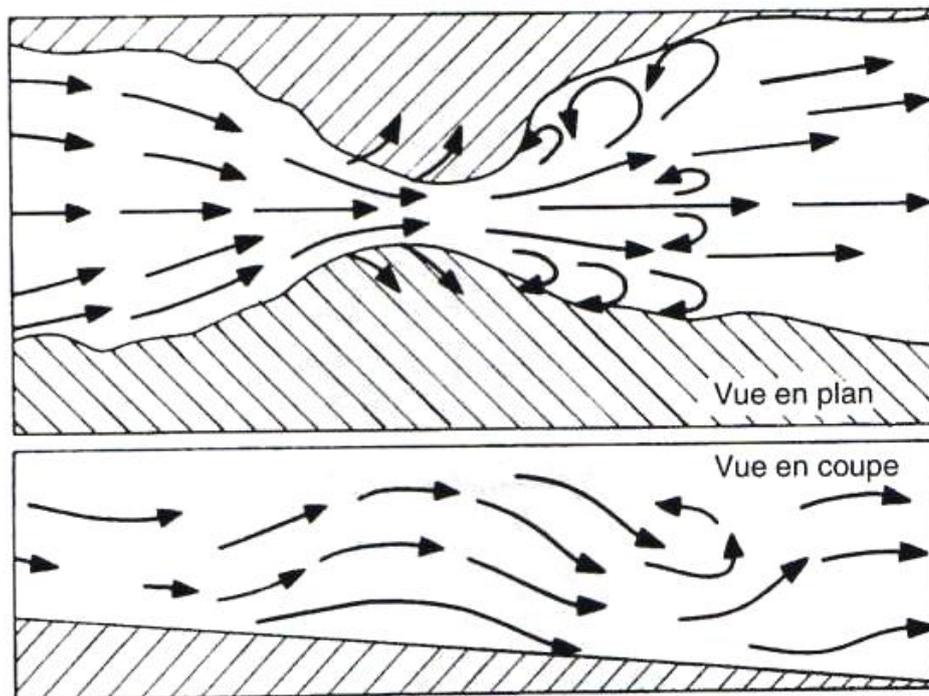
B - Effets de vallées :

a - Action dynamique des vallées :

Les vallées ont une action dynamique directe sur l'écoulement du flux d'air à condition d'avoir une largeur moyenne de quelques dizaines de kilomètres.

Elles peuvent alors se présenter comme de véritables couloirs dans lesquels le vent dans les basses couches a pour direction principale l'axe de la vallée. Ainsi, l'écoulement général peut-il être dévié par les grandes vallées.

Comme la section transversale des vallées n'est pas constante, on observe ainsi une accélération brutale du vent au sol au niveau des rétrécissements et une ascendance. Lorsque la vallée s'évase à nouveau l'écoulement redescend et donne des ondulations et des courants de retour¹³ (Figure 17).



Source : « climatologie de l'environnement », Gérard Guyot, 1999, p269.

Fig. 17 – Représentation schématique de l'effet d'un rétrécissement d'une vallée sur l'écoulement de l'air (adapté de Triplet et Roche, 1971).

¹² Gerard Guyot, « Climatologie de l'environnement. Cours et exercices corrigés, 2ème édition », collection : science Sup, 1999, p267.

¹³ Gerard Guyot, « Climatologie de l'environnement. Cours et exercices corrigés, 2ème édition », collection : science Sup, 1999, p269.

I.1.4.2 - Les vents locaux en montagne :

Dans les régions montagneuses, il y a trois types de vents locaux: les vents de compensation, les brises de vallée et les vents de pentes. Pour que ces vents se manifestent il est nécessaire que le vent soit faible, sinon ces phénomènes sont complètement masqués par les effets dynamiques du relief.

A - Les vents de compensation :

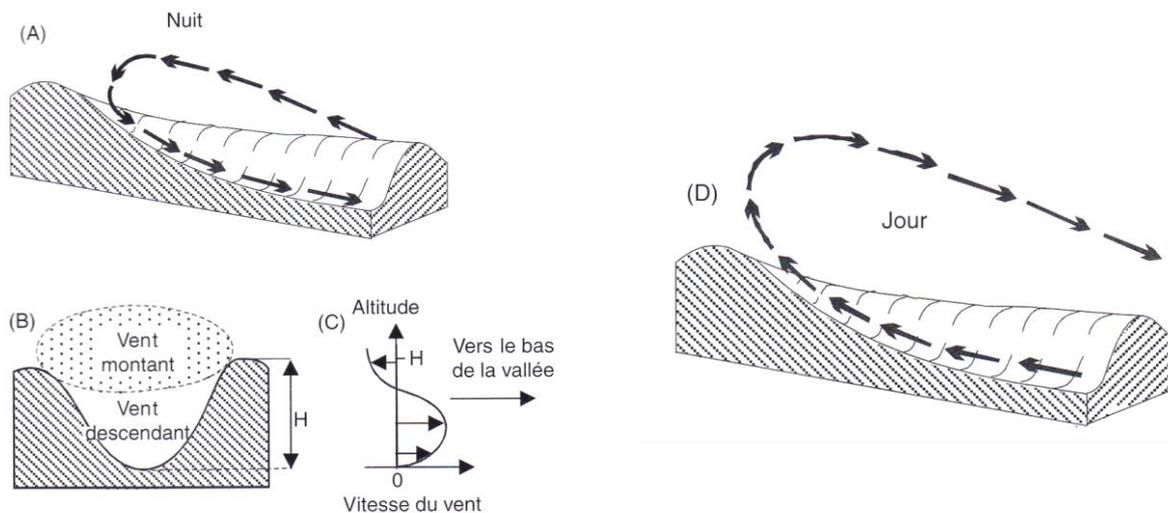
Ils sont observés dans les zones planes au voisinage des montagnes¹⁴. La nuit, l'air froid s'écoule du sommet des montagnes vers les zones basses. Le jour, les pentes se réchauffant plus vite que les zones planes. Le sens du courant est inversé. Les différences d'échauffement des surfaces induisent ainsi des gradients de pression qui donnent naissance à une circulation locale.

B - Les vents de vallée :

Les vents de vallée, comme les vents de compensation, changent de sens entre le jour et la nuit. De nuit, un courant froid descend la vallée (Figure 18). C'est un vent compensé par une circulation de retour à la partie supérieure de la vallée, comme le montrent les figures 18 A et B. Les profils de vitesse qui ont été déterminés dans les vallées ont permis de constater que la vitesse maximum du vent est observée à un niveau qui est sensiblement égal à la moitié de la profondeur de la vallée¹⁵ (Figure 18 C) (Geiger, 1966, 1969).

¹⁴ Ce phénomène est notable par exemple en Afrique du Nord, en particulier en hiver à El Bayadh ou à Marrakech, lorsque l'Atlas est enneigé. Les vents de compensation ont souvent une influence décisive sur la formation d'orages orographiques, notamment sur les hautes plaines tropicales ou subtropicales encadrées par des montagnes. Cette explication de la formation d'orages orographiques est applicable également aux orages d'été de la zone est des Hautes Plaines d'Algérie (Khenschla, Tebessa) et des hautes plaines de Tunisie (El Kef, Kasserine).

¹⁵ Gerard Guyot, « Climatologie de l'environnement. Cours et exercices corrigés, 2ème édition », collection : science Sup, 1999, p276.



Source : « climatologie de l'environnement », Gérard Guyot, 1999, p276.

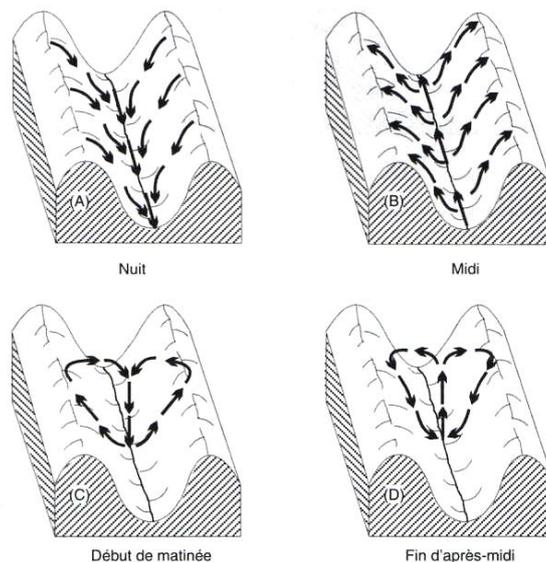
Fig. 18 – Les vents de vallée.

(A) vent de nuit ; (B) coupe transversale de la vallée montrant la séparation entre vent montant et descendant ; (C) profil vertical de vitesse du vent au centre de la vallée ; (D) vent de jour.

Le jour, le sens du vent s'inverse, il remonte alors la vallée (Figure 18 D). C'est un vent qui s'établit une ou deux heures après le lever du Soleil.

C - Les vents de pentes :

En plus des courants montant ou descendant les vallées, les gradients thermiques peuvent engendrer des vents de pente sur les versants mêmes de la vallée pour aboutir à une circulation relativement complexe¹⁶ (Figure 19) :



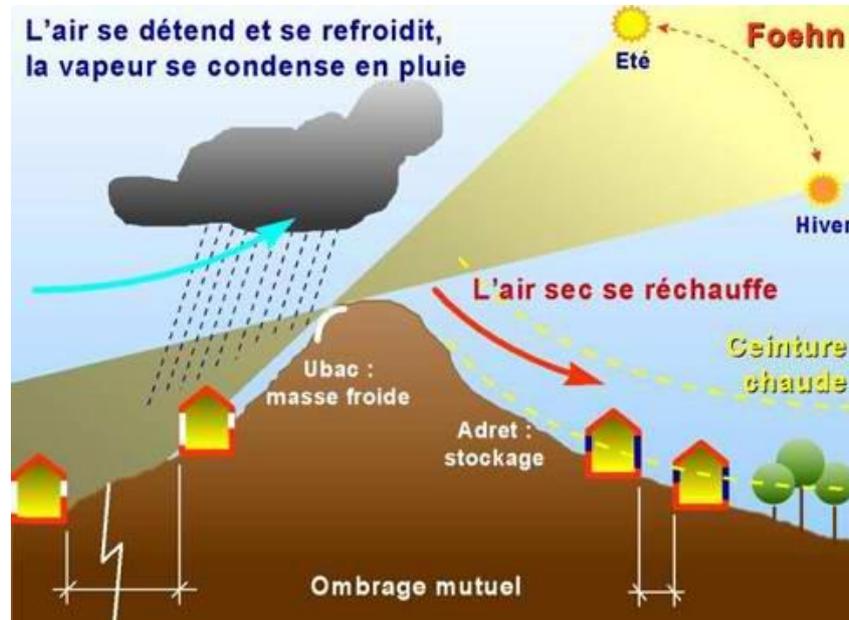
Source : « climatologie de l'environnement », Gérard Guyot, 1999, p277.

Fig. 19 – Évolution des vents de pente au cours de la journée.

¹⁶ Gerard Guyot, « Climatologie de l'environnement. Cours et exercices corrigés, 2ème édition », collection : science Sup, 1999, p277.

I.1.4.3 - L'influence du relief sur le microclimat :

Le relief influence la répartition des températures, les possibilités d'ensoleillement ainsi que les phénomènes de nébulosité et de régime des vents (voir figure 20).



Source : <http://www.energies-renouvelables.org/>

Fig. 20 – Influence du relief.

Le relief joue sur les températures tant par les variations qu'il induit de jour grâce à l'irradiation des pentes (selon leur orientation et inclinaison) que par son influence sur le régime des vents. Les faces exposées au vent sont plus froides que les faces masquées et si le relief protège certains sites, il en surexpose d'autres.

Le schéma rappelle les problèmes d'exposition, d'ombrage mutuel et de ceinture chaude. La topographie peut constituer un ombrage important à l'ensoleillement en hiver, où les vallées orientées est-ouest risquent d'être en permanence à l'ombre.

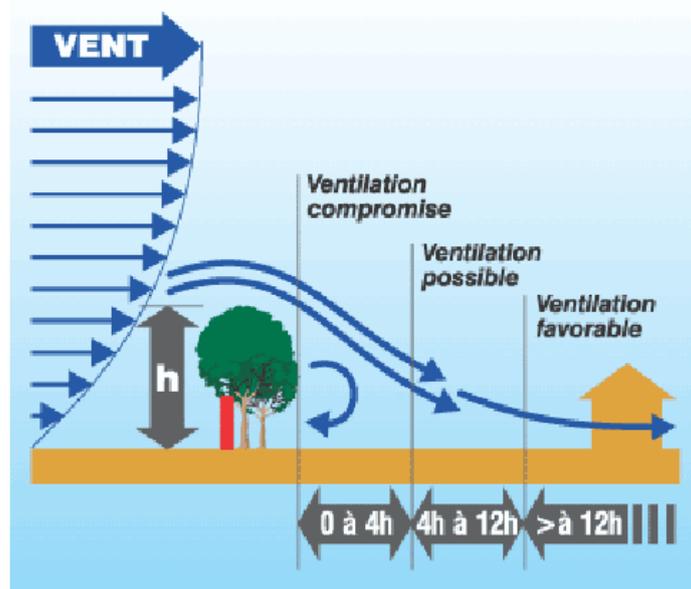
Les variations d'ensoleillement induisent une variation de température entre le haut et le bas des vallées. Cette situation provoque des fluctuations de pression et un mouvement des masses d'air. Les brises remontent les vallées pendant la journée lorsque les sommets bénéficient d'un ensoleillement et d'un réchauffement supérieur à celui de la plaine.

Le schéma illustre également le phénomène du foehn : la température de l'air décroît à mesure qu'il monte en altitude. Au point de saturation, une bonne partie de l'eau est abandonnée sous

forme de pluie ou de neige. Sur l'autre versant, l'air non saturé redescend et se réchauffe par compression pour arriver en pied de montagne avec une humidité relative très faible, souvent inférieure de 30 % à sa valeur de départ, qui lui donne une grande transparence. Cet effet de foehn, assez répandu, peut faire remonter la température de 20 °C en une journée.

I.1.4.4 - Effets des obstacles aéraulique artificiels :

Les obstacles de proximité influent sur la ventilation des bâtiments. Les effets varient avec la distance, la situation, la hauteur, la porosité, et le volume des constructions (voir figure 21).



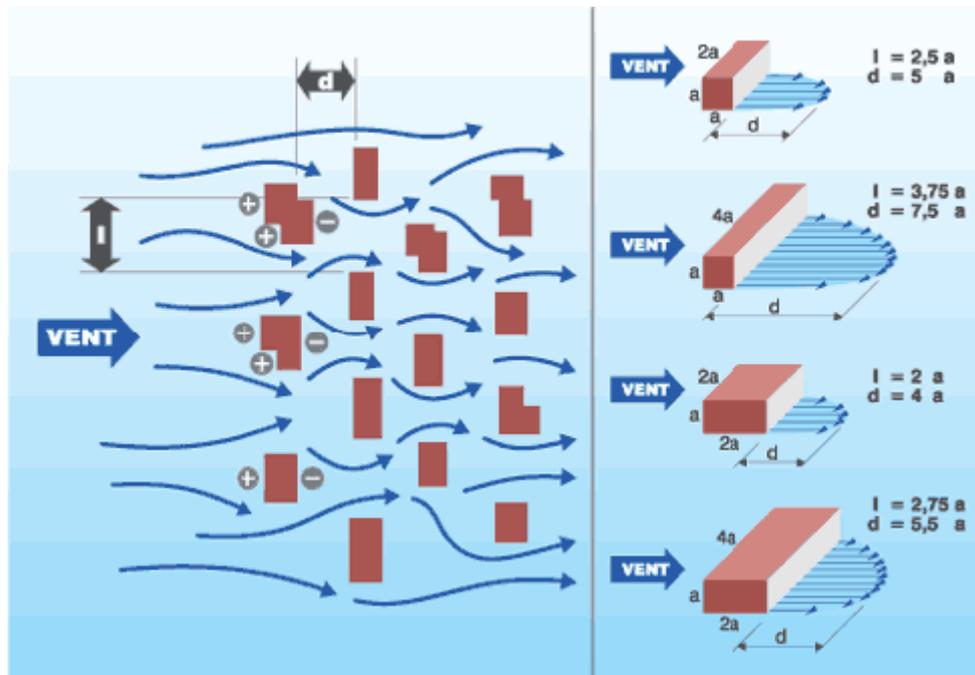
Source : www.energies-renouvelables.org/

Fig. 21 – Potentiel de ventilation d'un bâtiment en fonction de l'éloignement d'un obstacle aéraulique.

Pour qu'il y ait ventilation effective, il faut que le vent puisse accéder aux abords immédiats des constructions sans être exagérément freiné par des obstacles. L'influence d'un obstacle peut se faire sentir jusqu'à une distance de 4 à 12 fois sa hauteur. Cette distance est fonction des caractéristiques géométriques des obstacles, de leur orientation par rapport au vent, de leur implantation et de leur porosité.

Juste derrière un obstacle se crée une zone tourbillonnaire. Le potentiel de ventilation d'une

habitation placée dans une telle zone est fortement réduit car la façade exposée au vent n'est plus en surpression. Une certaine distance par rapport aux obstacles, permettant au vent de retrouver ses caractéristiques "laminaires", garantit une zone de ventilation favorable. Dans les régions chaudes et sèches, l'ombrage apporté par les obstacles prime sur la diminution du potentiel de ventilation.



Source : <http://www.energies-renouvelables.org/>

Fig. 22 –Distances à respecter pour permettre la ventilation naturelle d'un ensemble de bâtiments soumis au vent.

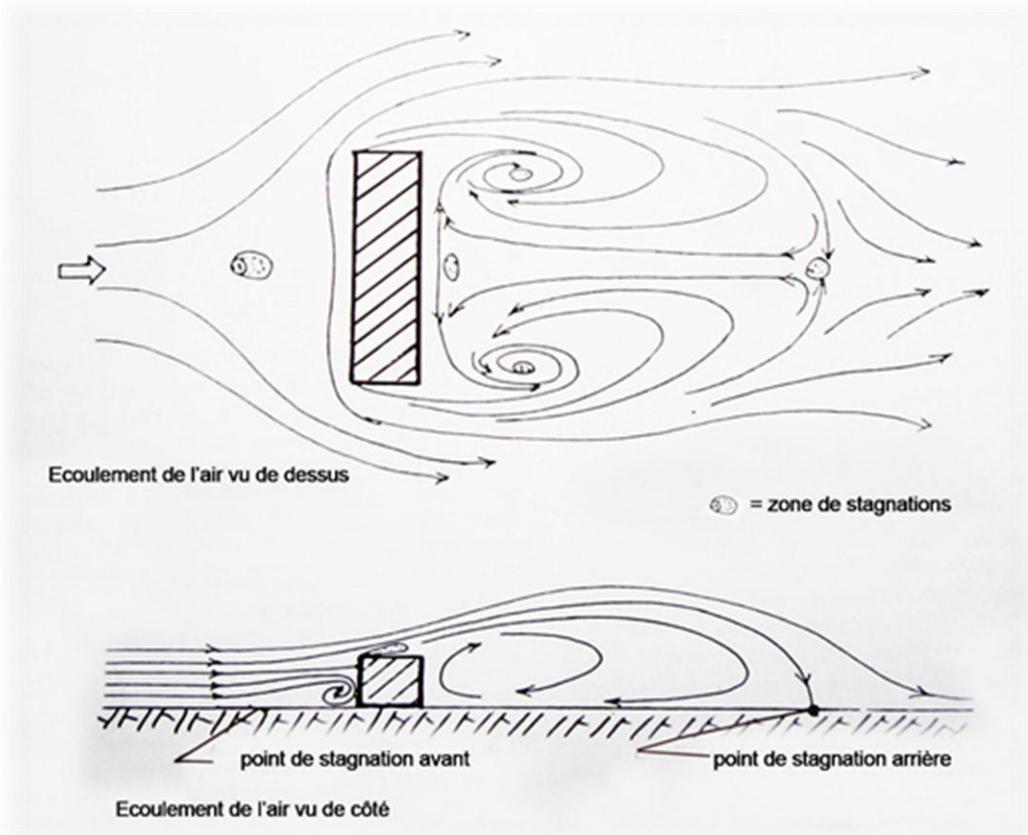
L'influence des obstacles aérauliques dépend de la combinaison des distances d'éloignement de ces masques en fonction de leur volume et de leur répartition spatiale (voir figure 22). Plus les bâtiments sont courts et profonds, moins la distance d'éloignement à respecter entre eux doit être grande. Les obstacles aérauliques placés en hauteur laissent passer le vent en dessous d'eux. Ainsi, les arbres aux troncs élancés permettent le passage du vent à hauteur d'homme. On privilégie également les constructions sur pilotis et intégrant des écopes en toiture car elles affectent beaucoup moins la ventilation du plan de masse.

L'optimisation du plan de masse consiste à développer des mécanismes de brassage de l'air et à canaliser les écoulements aérauliques en tenant compte de la nature des régimes des vents.

Dans un plan de masse constitué de rangées de bâtiments exposés aux vents, la première ligne exposée est toujours la mieux ventilée. Les espacements entre les constructions des rangées suivantes affectent les conditions de ventilation des maisons. Les interstices, les failles, les passages entre les obstacles tendent à réduire les mouvements tourbillonnaires responsables de la diminution du potentiel de ventilation. Une étude aérodynamique au cas par cas est nécessaire. De manière générale, un schéma en quinconce est préférable car il permet d'éviter les effets de masque du bâtiment placé en amont par rapport au vent.

A - Action du vent sur les bâtiments :

On s'est aperçu récemment avec les immeubles à façades en verre de l'importance du problème du vent et des variations de pression sur les bâtiments de grande hauteur, il faut en effet tenir compte des vibrations et de l'oscillation propre du bâtiment, composant avec les rafales incidentes. Comme on l'a vu en aérodynamique, on peut distinguer une poussée P et une traînée T respectivement perpendiculaires et parallèles à la direction du vent. La poussée est produite par les oscillations alternatives de l'ensemble dynamique.



Source : : LE CHAPPELLIER, Pierre, 1981, p25.

Fig. 23– La nature de l'écoulement de l'air autour d'un obstacle parallélépipédique.

La fig n° 23 montre l'écoulement de l'air autour d'un obstacle (Fig. 23), lorsque le courant incident du vent est en écoulement laminaire. On remarque l'apparition de deux points de stagnation : le point avant situé au sol à environ une fois la largeur de l'édifice et celui arrière situé à quatre à six fois cette largeur¹⁷.

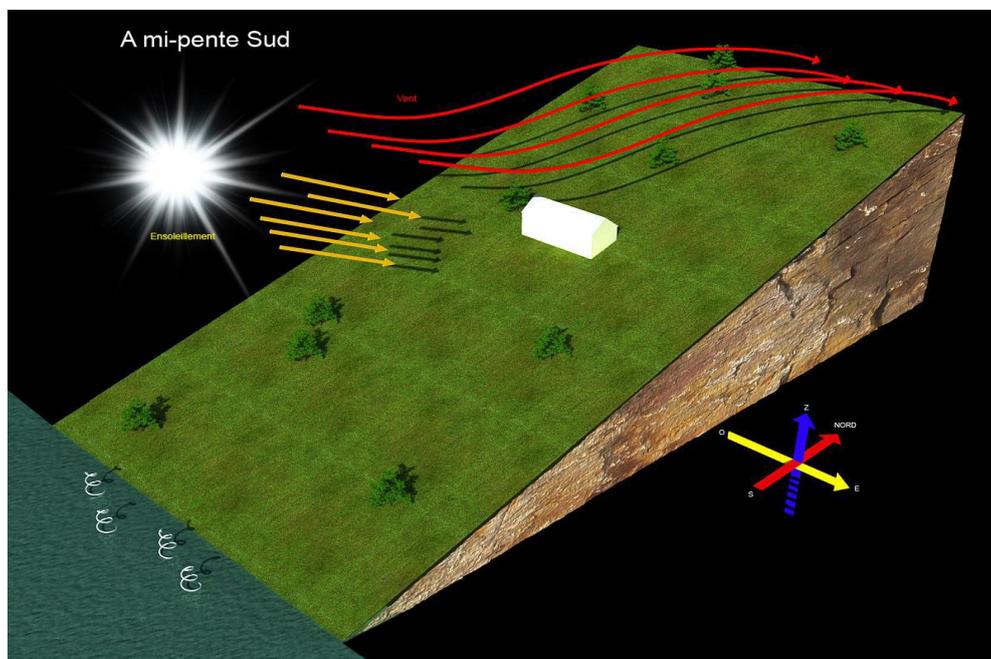
On voit que l'écoulement d'air se sépare légèrement en tête du modèle et se reforme plus loin. Il se produit un écoulement retour derrière le modèle qui fait naître un double Vortex à axe vertical. Dans le cas d'un écoulement turbulent avec des modèles en terrain plus accidenté ou plusieurs modèles rapprochés, l'écoulement est complexe.

On notera que la façade avant est soumise à une surpression violente égale à la pression dynamique aux 2/3 de la hauteur, et en-dessous à l'effet vibratoire et pressurant d'un enroulement tourbillonnaire.

L'arrière du bâtiment est nettement en dépression accentuée par le double Vortex.

a - Implantation d'un bâtiment à mi-pente Sud :

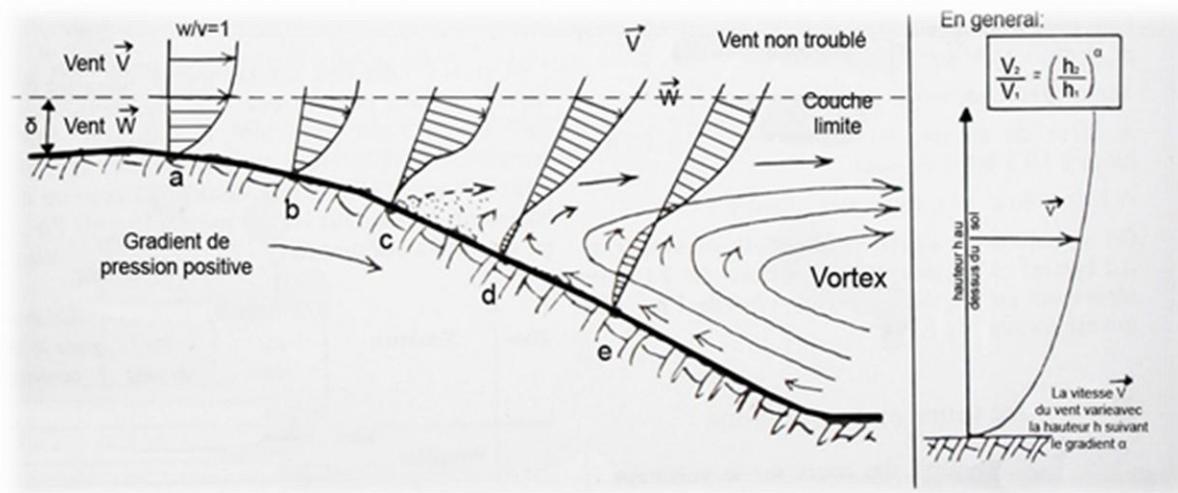
Il y a d'ailleurs une chose absolument fondamentale à connaître, c'est que si l'on a le choix du terrain il vaut mieux en général et presque partout s'installer à mi-hauteur d'une pente Sud (voir Fig. n°24). En bas il y a souvent de l'humidité et des courants d'air froid et en haut du vent balayant.



Source : Auteur.

Fig 24—Représentation des effets climatiques sur une maison a mi-pente SUD.

¹⁷ P.le Chapellier, « Le vent les éoliennes et l'habitat », Ed EYROLLES, Paris 1981,p25



Source : S.F. Hoerner « résistance à l'avancement dans les fluides » (Gauthiers-Villiers, 1965).

Fig 25 – Représentation du profil de vitesse dans un terrain en pente.

Au milieu on bénéficie souvent de moins d'air hivernal et de quelques douces brises d'été. Outre cela la demi-hauteur d'une pente Sud reçoit pas mal de soleil et tend de ce fait à être moins humide et plus chaude en hiver. Il est facile d'y faire du « chauffage solaire » semi-enterré. C'est donc bien l'emplacement idéal pour bio-bâtir, dans la mesure où le sous-sol s'y prête¹⁸.

La Figure 25 montre la répartition des vitesses et le type d'écoulement de la couche de la couche limite au-dessus du sol en pente, avec un gradient de pression positif (adverse) incluant le décollement des couches d'air près du sol. En « a » la vitesse est ordinaire ; en « b » la répartition est déjà modifiée ; en « c » la couche la plus proche du sol est à vitesse nulle ; c'est un bon endroit pour bâtir. En « d » la direction du mouvement est inversée, car les molécules de la couche limite d'air remontent le vent. L'écoulement extérieur est décollé du sol. Et l'on voit ainsi qu'une zone d'eaux mortes basse peut devenir le siège d'un tourbillon.

b – L'explication technique relative à la couche limite des courants d'air :

Les tours posent des problèmes aux piétons à cause du vent induit. En combinant l'ombre portée, la hauteur et les distances, de violents courants d'air peuvent passer dans les « canyons » d'accès du public au sol et exercer de fortes pressions ce qui affecte le confort du

¹⁸ P.le Chapellier, « Le vent les éoliennes et l'habitat », Ed EYROLLES, Paris 1981,p29

piéton (voir Tab n°5) aussi ces fortes pressions ont un effet sur les constructions basses avoisinantes, en particulier les toits qui peuvent être fragilisés.

Numéro de Beaufort	Description	Vitesse du vent en m/s	Effets du vent
2	brise légère	1.6 – 3.3	vent ressenti sur le visage.
3	petite brise	3.4 – 5.4	cheveux perturbés; les vêtements voles; journal difficiles à lire.
4	brise modérée	5.5 – 7.9	soulève la poussière et les feuilles de papier, les cheveux en désordre
5	brise fraîche	8.0 – 10.7	la force du vent ressenti sur le corps; achoppement possible en entrant dans une zone ventilée
6	forte brise	10.8 – 13.8	parapluies utilisé avec difficulté, les cheveux soufflés droite; difficile de marcher régulièrement le bruit du vent sur les oreilles désagréables.
7	près de tempête	13.9 – 17.1	désagrément ressenti lors de la marche
8	coup de vent	17.2 – 20.7	empêche généralement la progression de la marche; beaucoup de mal avec l'équilibre dans les invités
9	fort coup de vent	20.8 – 24.4	les gens renversés par le vent

Source : Marcel Bottema, «WIND CLIMATE AND URBAN GEOMETRY», 1993,p444.

Tab n°5 – Incidences de la représentation de la vitesse du vent acceptable en milieu urbain.

I.1.5 - Le phénomène du changement climatique :

Le changement climatique à l'échelle planétaire est l'un des enjeux majeurs du XXI^e siècle, compte tenu de la gravité de ses conséquences pour les économies, les sociétés et l'environnement.

I.1.5.1 - Effet de serre et réchauffement climatique :

A - L'effet de serre :

La température moyenne à la surface du globe est de 15°C grâce à l'effet de serre car sans lui, cette température moyenne serait de - 18 °C et la vie serait impossible !

Notre atmosphère est principalement composée d'azote et d'oxygène : des gaz qui laissent passer les rayonnements, visibles et infrarouges, du soleil.

L'énergie solaire est absorbée par la surface de la terre, convertie en chaleur et une partie est réémise sous forme de rayons infrarouges.

Mais dans notre atmosphère, sont naturellement présents ce qu'on appelle des gaz à effet de serre (vapeur d'eau, gaz carbonique, méthane, protoxyde d'azote, ...) en quantité très réduite (moins de 1 %). Ces derniers jouent cependant un rôle déterminant dans l'équilibre de l'atmosphère.

Ils absorbent une partie des rayonnements infrarouges puis les réémettent, ce qui permet de réchauffer la basse atmosphère et la surface de la terre.

L'effet de serre est donc un phénomène naturel comparable à celui que produit la vitre d'une serre. Les gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère, jouent le rôle de cette vitre qui piège la chaleur du soleil et l'emprisonne.

Mais l'équilibre de ce phénomène naturel, complexe et variable, est fragile. Les activités humaines produisent aujourd'hui d'importantes quantités de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane, gaz fluorés...etc.) et amplifient le phénomène naturel d'effet de serre avec pour principale conséquence: le réchauffement climatique.

B - Le réchauffement climatique :

Au cours des années 1990, pratiquement tous les gaz à effet de serre ont atteint des niveaux de concentration jamais observés.

Les gaz à effet de serre ont un potentiel de réchauffement global qui diffère en fonction de leur durée de vie dans l'atmosphère et de leur capacité à retenir la chaleur. Ainsi, le méthane a un potentiel de réchauffement global 23 fois supérieur à celui du gaz carbonique.

Actuellement, le réchauffement naturel de la terre dû à l'effet de serre est en train d'évoluer avec une ampleur et une rapidité jamais atteintes, à cause de l'activité humaine.

Outre l'industrie (fabrication de ciment, d'aluminium, de composants d'ordinateurs, procédés chimiques, ...), ou l'agriculture (élevages de ruminants, culture du riz, fabrication d'engrais, ...), la combustion des énergies fossiles, l'utilisation de climatiseurs, ... produisent des gaz à effet de serre.

C - Lutter contre le changement climatique :

Compte tenu de la durée de vie très longue des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, le phénomène de réchauffement climatique ne peut être stoppé à court terme.

Il est donc urgent d'agir afin de stabiliser puis de diminuer durablement les émissions de gaz à effet de serre puisque l'avenir de la planète et des générations futures dépend des décisions qui sont prises aujourd'hui.

Au niveau international, le Sommet de la Terre de Rio¹⁹ en 1992 fut l'un des premiers déclencheurs d'une action collective des pays à s'engager dans la lutte contre le changement climatique. Entre 1992 et 1994, la convention de Rio matérialisant cet engagement a été ratifiée par 175 Etats (c'est-à-dire quasiment tous les pays y compris les Etats-Unis).

La convention de Rio renvoie à des protocoles dont le but est de préciser les niveaux auxquels on stabilise les gaz à effet de serre, le rythme de baisse des émissions, la contribution de chaque pays à cette baisse, le détail des mesures à prendre pour satisfaire ces objectifs.

Le protocole de Kyoto²⁰ a été adopté en 1997 puis ratifié par de nombreux pays entre 1997 et 2004. La ratification a pour but de préciser concrètement la nature des moyens consacrés à la lutte contre le changement climatique.

Certains pays comme les Etats-Unis n'ont pas ratifié ce protocole : ils se sont donc engagés sur l'objectif de lutte contre le changement climatique sans préciser comment et à quelle vitesse.

D - Les conséquences du réchauffement climatique :

Les dernières années ont donné quelques aperçus des risques que ferait courir le changement climatique: même s'il n'est généralement pas possible d'attribuer tel ou tel événement météorologique extrême (tempête, inondation, vague de chaleur...) au dérèglement climatique.

¹⁹ <http://www.un.org>

²⁰ <http://unfccc.int/>

A très long terme, mais sans doute pas avant le prochain siècle, des perturbations importantes pourront également intervenir dans les courants marins et les glaces polaires, avec des conséquences sur la répartition du réchauffement climatique selon les régions du globe.

E - Les deux grandes stratégies pour répondre au changement climatique dans le domaine du bâtiment:

1 - Atténuation :

Réduire les émissions de gaz à effet de serre :

- Augmenter l'efficacité énergétique des bâtiments.
- Adopter des sources d'énergie plus performantes et ou dite vertes.
- Conserver les bâtiments existant.

2- Adaptation :

Ajustements aux pratiques pour modérer les conséquences négatives et exploiter les avantages potentiels.

- Évaluer et gérer les risques de vulnérabilités.
- Estimer les nouvelles surcharges environnementales.
- Promouvoir l'entretien et la durabilité des bâtiments.

I.1.6 - Climat et aménagement de l'environnement urbain :

I.1.6.1 - Le milieu urbain : des caractères climatiques spécifiques

La principale caractéristique bioclimatique des milieux urbains est la différence entre leur température moyenne et celle des espaces ouverts ou moins construits environnants. On a remarqué en général que cet effet de "heat island" (île de chaleur) prend de l'ampleur dans les villes algériennes, ce qui serait dû à des bâtiments plus hauts et à des profils de rue plus étroits. Les principaux facteurs qui sont en cause :

1) La pollution de l'air : elle réduit les capacités de transmission de l'atmosphère urbaine. Une partie du rayonnement solaire dirigé vers la ville est retenue par la couche de pollution qui la recouvre ; l'autre partie du rayonnement direct qui y pénètre devient diffus. En conséquence, les taux d'ensoleillement en ville peuvent être gravement inférieurs à ceux de la campagne, ce qui fut le cas à Londres : en 1956, on a instauré le "Clean Air Act" qui a permis

de retrouver en 10 ans un taux d'ensoleillement hivernal dont la valeur était tombée à 50 % de celui des environs.

2) Les formes construites. En ville, la proportion de surface exposée par m² de terrain est plus grande : la capacité d'absorber les radiations solaires est donc supérieure, surtout en

hiver. Cependant, cette même densité bâtie réduit les possibilités d'ensoleillement d'un site (le "ciel visible"). Cette part plus grande d'ombrage, qui peut être très importante en hiver, est aussi dommageable en été pour le refroidissement de l'air : celui-ci est obtenu par le renvoi des radiations à longues ondes vers l'atmosphère, il est donc rendu plus difficile par des coupes de rues étroites, et par la couche de pollution qui bloque la dissipation de chaleur.

3) Les types de matériaux et de surfaces utilisés. La capacité d'absorption thermique des matériaux de construction est importante car elle régule la fluctuation des températures, en absorbant la chaleur durant la journée et en la ré-émettant la nuit : les variations jour/nuit en zone rurale sont plus importantes. La capacité de réflexion des surfaces est donc aussi un facteur important : elle détermine l'augmentation de température de la surface, et donc celle des couches d'air adjacentes. Les couleurs sombres de l'asphalte, du béton et de la brique créent ainsi des surchauffes localisées.

4) La production de chaleur par les bâtiments et par le trafic : la consommation d'énergie en milieu urbain, pour l'éclairage, le transport, ou le chauffage des bâtiments, ainsi que leur mauvaise isolation thermique, et même le métabolisme de l'activité humaine, produisent une chaleur qui peut être équivalente en hiver à celle apportée par le rayonnement solaire.

5) La moindre circulation de l'air et les taux d'humidité réduits. La vitesse du vent est généralement moindre en milieu urbain dense qu'en rase campagne, ce qui défavorise l'évaporation et le refroidissement de l'air. De même, la trop grande rareté de la végétation en ville ne lui permet pas d'y maintenir un taux d'humidité agréable.

Par conséquent, la température, l'humidité, la vitesse du vent, les taux de radiation solaire mesurés aux alentours de la ville (souvent au droit des aéroports) peuvent être très éloignés de la réalité rencontrée par le concepteur en milieu urbain ; des changements climatiques drastiques peuvent aussi y être observés en très peu d'années. Enfin, un même tissu urbain n'est pas du tout homogène : les variations peuvent être importantes d'une rue à l'autre selon leur coupe, leur matériaux, leur orientation.

I.1.6.2 - Aménagement urbain et environnement :

L'aménagement urbain intervient de plusieurs manières dans la réflexion sur l'environnement et le développement durable. Tout d'abord, il est partie intégrante de la conception de l'architecture bioclimatique.

Que ce soit pour la "stratégie du chaud" (capter — stocker — distribuer — conserver la chaleur) ou celle du froid (contrôler le rayonnement solaire — évacuer la chaleur), il est important de prendre en compte l'échelle urbaine, ou l'échelle du site en général. On peut recenser les données-types à prendre en compte dans la conception bioclimatique des espaces, intérieurs ou extérieurs, comme suit :

- les cartes hypsométriques, les cartes topographiques, les orientations générales, la hauteur des précipitations, les moyennes des températures, les diagrammes solaires suivant la latitude de la commune, etc. ;

- les indicateurs locaux : observation des vents, de la végétation, des cultures, du type d'implantation et de forme de l'habitat traditionnel et des bourgs anciens, la toponymie ;

- l'inventaire des obstructions à l'accès solaire : la hauteur des constructions avoisinantes et des arbres (à feuilles caduques ou non), le relief particulier tel que cuvettes ou poches à brouillard ; le relevé et le calcul des ombres aux périodes-clés de l'année (21 décembre, 21 juin, etc.) ;

- les facteurs potentiels d'économie d'énergie : des sources de géothermie possible, des protections végétales existantes, des lieux de canalisation des vents, les types de surface et la réflectivité des sols, etc.

Mais la ville doit également être appréhendée comme un microclimat spécifique : chaleur supplémentaire dégagée (bâtiments et transports), couche de pollution, vents dominants canalisés, etc. Ces microclimats locaux ont une influence prépondérante sur les usages des espaces et sur le comportement des gens : les activités extérieures possibles (station immobile en terrasse, dans un jardin public, une rue commerçante, une entrée d'immeuble) dépendent de la vitesse du vent à cet endroit, des heures d'ombrage, de la chaleur dégagée par le revêtement de sol, etc.

Le processus d'urbanisation a des conséquences sur l'environnement : des études montrent comment à Brasilia l'expansion des villes satellites a provoqué la déforestation,

l'érosion des sols et la pollution de l'eau. Le développement durable implique de rechercher une conception de la ville qui réduise les émissions de CO₂ (transports), les déperditions de chaleur, la consommation d'énergie, la production de déchets, etc.

L'urbaniste devrait donc pouvoir agir sur les paramètres suivants :

- les formes urbaines : gabarits, orientation, étendue, enveloppe solaire, et la coupe des mes (rapport hauteur/largeur) ; les espaces publics : forme, matériaux, absorption/réflexion, ombrage ;
- la végétation et les pièces d'eau : pour permettre l'évapotranspiration des plantes et le processus de refroidissement de l'air par évaporation de l'eau ;
- la réduction du trafic, ou son détournement, pour réduire la pollution sonore, la pollution atmosphérique et les dégagements de chaleur.

Les outils d'évaluation, enfin, sont multiples : il y a d'un coté ceux qui mesurent les situations existantes, tels que les bilans d'ensoleillement (au sol, en façade) ou la thermographie (graphiques produits par une caméra à infrarouge étalonnée) ; et de l'autre, des outils permettent de simuler numériquement des situations projetées, notamment les écoulements d'air.

I.1.6.3 - Les microclimats urbains : création passive/active :

On nomme généralement "microclimat" celui qui est l'effet de l'action humaine (plantations et constructions, ou dégradations) ; il est donc local" principalement, mais le développement durable a précisément pour but de montrer que les conséquences de ces actions changent aujourd'hui d'échelle.

Il faut donc être conscient de l'existence de microclimats locaux et en tenir compte dans les calculs et modélisations d'un site. On trouve de nombreux exemples en milieu rural, tels que le "bocage", un maillage végétal qui protège l'habitat et les cultures ; ou le simple platane du midi, qui fait de l'ombre en été et laisse passer le soleil en hiver.

Les microclimats urbains sont plus complexes car ils dépendent de la morphologie des îlots, des espaces publics et les facteurs entrant en ligne de compte sont nombreux ; les

champs radiatifs thermiques et l'action du vent doivent prendre en compte un grand nombre d'obstacles pour être modélisés.

Mais on peut aussi utiliser ces facteurs pour créer des microclimats et agir sur les paramètres de confort en milieu urbain. On connaît des moyens architecturaux tels que les galeries urbaines couvertes, en climat froid, ou les dais recouvrant les marchés en climats chauds ; des moyens mécaniques de ventilation ou de chauffage des espaces extérieurs ; mais des éléments urbains tels que des surfaces d'eau, la présence de végétaux, ou même le type de revêtement de sol peuvent jouer un important rôle de "correctif" des ambiances extérieures.

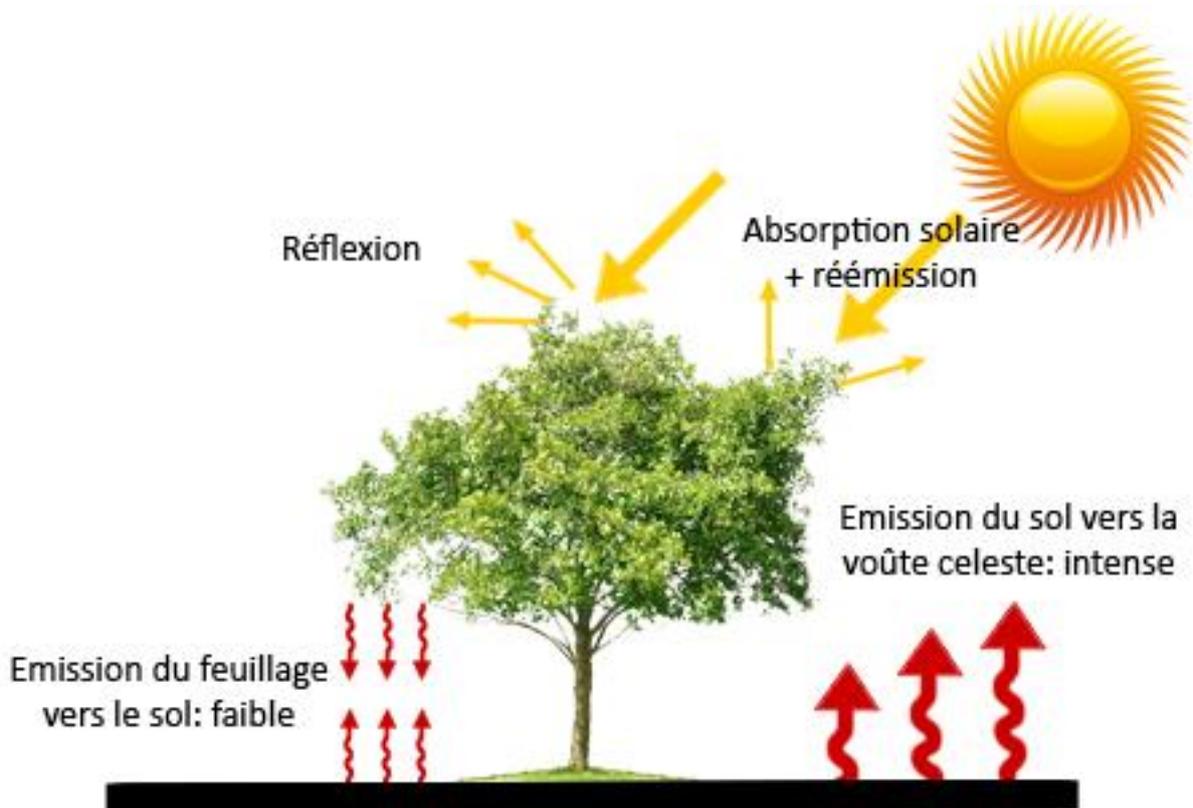
Ainsi, les effets d'une masse végétale sont nombreux :

- oxygénation de jour grâce à la photosynthèse, qui absorbe du CO₂ et de l'eau ; pour que ce fateur soit effectif, la masse du végétal joue un rôle, mais aussi sa localisation, son essence et la période de l'année ;
- humidification de l'air la nuit, par réaction inverse ; mais aussi la journée, par l'évapotranspiration des plantes, celle des pluies et de la rosée ;
- fixation des poussières : par la position de brise-vent des arbres et par le pouvoir adhésif de matière huileuse sur les feuilles.
- diminution de l'éblouissement par l'absorption des rayons directs (courte longueur d'onde) et émission d'une lumière plus diffuse (grande longueur d'onde) qui, en outre, chauffe moins les surfaces environnantes.
- amortissement des bruits, pour des plantations de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur ;
- filtre et amortissement des vents par la masse foliaire, diminuant sensiblement en aval leur vitesse et les phénomènes de turbulence. Ceci dépend de la "porosité" de la couronne des arbres et donc des essences choisies.

Les plans d'eau également consomment de l'énergie (de la chaleur) pour leur évaporation et donc rafraîchissent l'air ambiant ; si le plan d'eau est à l'ombre des arbres, ils maintiendront cette fraîcheur au niveau du piéton.

Les revêtements de sol enfin ont un impact climatique qui dépend de leur taux d'absorption, de conductivité et de réflectivité des rayonnements thermiques et capacité d'absorption de l'eau'. L'asphalte et le béton absorbe énormément de chaleur et très peu d'eau : ils rayonnent ensuite et fonctionnent comme des "radiateurs"

urbains de jour et de nuit. En climats chauds, on peut les ombrager au maximum, voire les remplacer par des types de pavages plus poreux. Enfin le sable, le béton, l'eau sont des surfaces réfléchissantes, éblouissantes, qui sont gênantes à proximité des lieux de vie.



Source : auteur.

Fig. 26 – Action d'absorption et ré-émission du rayonnement solaire.

D'après la figure 26 une bande de végétation suffisante peut créer une baisse de température de 3.5°C et une augmentation de 5% de l'humidité relative (d'après J.L. Izard).

Conclusion :

Ce chapitre traite la notion du phénomène vent à l'échelle bioclimatique. Son influence est majeure sur l'être humain qui tend toujours à bénéficier de ces avantages et à se protéger de ses effets indésirables.

Pour ce on s'est trouvé incités à lui consacrer un chapitre entier vu que tout ce qui suivra n'échappera pas à sa liaison directe avec.

Ce chapitre part des définitions du vent. Ensuite, on été présenté les facteurs qui influent sur ce dernier. Différents effets dû aux vents on été présentées ainsi qu'au actions dynamique du relief.

L'objectif de ce chapitre est d'assurer une bonne connaissance et une meilleure compréhension du phénomène « vent » afin de pouvoir évaluer son impact en milieu urbain, ce qui fera l'objet du prochain chapitre.

Chapitre II – L'approche de l'écoulement aéraulique urbain
Les nouvelles investigations en architecture et en urbanisme

Introduction :

Le vent constitue un paramètre climatique incontournable, de part l'expression des masses d'air atmosphériques et de son incidence sur l'environnement naturel et artificiel. La recherche bibliographique approfondie dans le domaine des écoulements aéraulique, en architecture et en urbanisme, explique parfaitement le degré de spécialisation et de son application dans les deux disciplines.

Le présent chapitre intitulé « L'approche de l'écoulement aéraulique urbain. Les nouvelles investigations en architecture et en urbanisme » se préoccupe de traiter les questions qui relèvent de l'ordre des écoulements du vent et de leurs incidences sur la morphologie urbaine.

II.1 - Prise en compte du vent dans les espaces urbains :

II.1.1 - L'environnement aéraulique :

Un des facteurs les plus importants influençant les conditions de confort des piétons dans les espaces ouverts extérieurs est le vent. L'environnement aéraulique est difficile à prévoir puisqu'il est influencé par un nombre de facteurs globaux, régionaux, et locaux. A l'échelle globale, l'air se déplace des zones de hautes pressions vers des zones de basses pressions. La vitesse du vent ainsi que sa direction, générés par les systèmes météorologiques à l'échelle synoptique sont par la suite modulés par la topographie régionale et locale. Il est alors important de comprendre qu'il peut y avoir de grandes différences dans l'environnement aéraulique d'une partie de la ville comparativement à une autre ou même à micro-échelle d'un lieu à un autre.

Le vent n'est pas un phénomène constant, il varie constamment en direction et en grandeur (rafales) et ses variations peuvent être saisonnières ou annuelles. Les effets directs du vent peuvent être divisés en deux catégories principales, en premier lieu on trouve les effets mécaniques ensuite les effets thermiques²¹. Les effets mécaniques peuvent être ressentis avec des vitesses du vent supérieures à 4-5 m/s. Au-dessus de 10 m/s, la marche sera malaisée, et au-dessus de 15m/s il existe un risque réel d'accidents.

Il est à relever que, selon le climat, un vent d'une certaine intensité pourrait être perçu comme peu souhaitable ou même souhaitable. Dans des climats froids, le vent diminuera

²¹ Penwarden, A.D. and Wise, A.F.E. (1975). Wind environment around buildings .Department of the Environment BRE, Her Majesty's Stationery Office, London.

presque toujours les conditions de confort à l'extérieur, tandis que l'inverse est vrai dans des climats chauds.

II.1.2 - Le choix entre le test dans nature, l'expérimentation ou simulations numériques :

Il existe plusieurs possibilités pour évaluer la distribution du vent dans un espace ouvert. Il est possible de prendre des mesures (grandeur nature sur le site ou dans une soufflerie) ou d'utiliser un modèle numérique afin de simuler l'écoulement de l'air. Les mesures sur le site ont l'avantage que les résultats obtenus sont ceux d'une situation réelle, où l'influence de tous les immeubles et des obstacles sont inclus. L'inconvénient d'une telle démarche est que celle-ci peut devenir coûteuse puisque, idéalement, la période de mesures devrait être assez étendue pour couvrir les combinaisons de vitesses et de directions de vent les plus fréquentes, ce qui nécessite un grand nombre de points de mesure. Il est difficile, aussi, d'évaluer de nouvelles configurations d'aménagement. Les tests en soufflerie ont l'avantage que des résultats fiables pour un grand nombre de combinaisons de vitesses et de directions du vent peuvent être obtenus rapidement. Il est également possible de tester l'environnement aérodynamique pour de nouvelles surfaces lorsque ces dernières sont encore en stade de planification, et de tester de nouveaux aménagements. Cependant, il est essentiel de faire appel à un laboratoire expérimenté et de développer un modèle précis de la surface concernée ainsi que de ses environs. Ainsi, des essais en soufflerie peuvent être coûteux en temps et en argent. Une alternative à la soufflerie est de développer un modèle numérique de l'espace et de ses environs afin d'y simuler la circulation de l'air – une sorte de soufflerie virtuelle. Les programmes pour ce type de simulations sont appelés «logiciels de simulation en dynamique des fluides» (CFD) et comportent l'avantage que n'importe laquelle des combinaisons de vitesses et de directions du vent et de configuration de l'espace et des environs peuvent être évaluées. Cependant, les calculs impliquent des ressources informatiques considérables et il est nécessaire que l'utilisateur de ces logiciels soit expérimenté et qu'il comprenne bien cette problématique complexe de circulation d'air.

II.2.1 - le confort thermique / aérodynamique :

II.2.1 - Effet climatique urbain : l'îlot de chaleur

II.2.1.1 - Définition de l'îlot de chaleur:

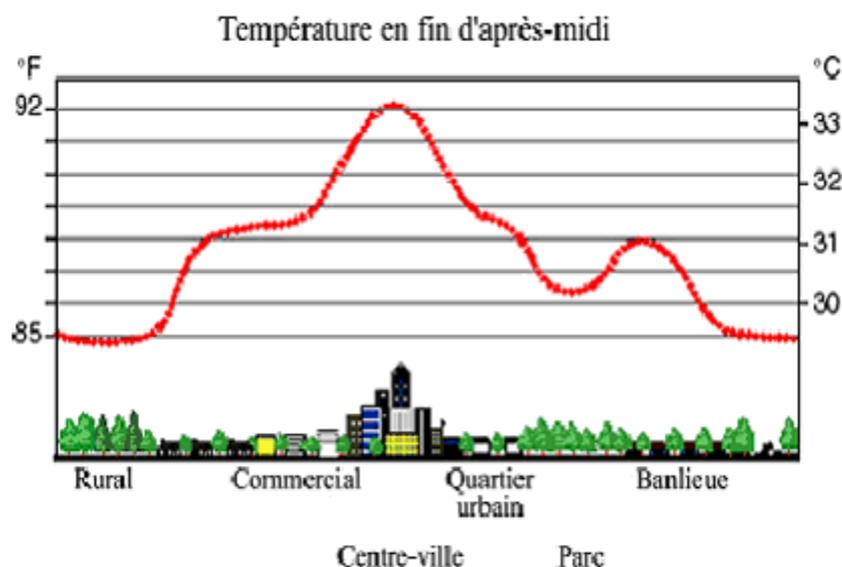
L'expression « îlots de chaleur urbains » signifie la différence de température observée entre les milieux urbains et les zones rurales environnantes. Les observations ont démontré

que les températures des centres urbains peuvent atteindre jusqu'à 12 °C de plus que les régions limitrophes.

Trois types d'îlots de chaleur urbains sont distingués dans la littérature, soit :

- les îlots de chaleur à la surface du sol : grâce à des lectures de rayons infrarouges émis et réfléchis par les surfaces, il est possible de déceler les endroits d'une ville où les surfaces sont les plus chaudes.
- les îlots de chaleur de la canopée urbaine, qui est la couche d'air comprise entre le sol et la cime des arbres, ou des toitures des bâtiments, où l'essentiel de l'activité humaine se déroule.
- les îlots de chaleur de la couche limite urbaine, située au-dessus de la couche de la canopée.

L'intensité des îlots de chaleur change sur une base quotidienne et saisonnière en fonction des différents paramètres météorologiques et anthropique. En général, l'intensité des îlots de chaleur de la canopée urbaine est plus forte la nuit que le jour²².



Source: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2000.

Fig. 27. Schéma de l'îlot de chaleur urbain

II.2.1.2 - Causes :

En plus du climat local, influencé par différents paramètres météorologiques comme la température, l'humidité relative et le vent, plusieurs causes de source anthropique favorisent l'émergence et l'intensification des îlots de chaleur urbains. Ces causes sont les émissions de gaz à effet de serre, la perte progressive du couvert forestier dans les milieux urbains,

²² Oke, 1987; Pigeon et al., 2008.

l'imperméabilité et les bas albédos des matériaux, les propriétés thermiques des matériaux, la morphologie urbaine et la taille des villes ainsi que la chaleur anthropique.

II.2.1.3 - Émissions de gaz à effet de serre :

Les gaz à effet de serre (GES) piègent l'énergie solaire dans l'atmosphère et participent ainsi à son réchauffement. Selon le GIEC²³, « la poursuite des émissions de GES au rythme actuel ou à un rythme plus élevé devrait accentuer le réchauffement et modifier profondément le système climatique au XXIe siècle. Il est très probable que ces changements seront plus importants que ceux observés pendant le XXe siècle »²⁴.

Dans les milieux urbains, les sources d'émission de gaz à effet de serre sont principalement les véhicules, les procédés industriels et le chauffage des immeubles à l'aide de combustibles fossiles²⁵.

II.2.1.4 - Perte progressive du couvert forestier dans les milieux urbains :

Le couvert forestier urbain est en diminution constante. La densification progressive des villes et le développement des infrastructures urbaines ces dernières décennies en sont les causes principales.

Cette perte de végétation implique une perte de fraîcheur en milieu urbain. En effet, la végétation joue un rôle essentiel de protection contre la chaleur grâce au phénomène d'évapotranspiration et d'ombrage des sols et des bâtiments. Au cours du processus naturel d'évapotranspiration de la vapeur d'eau, l'air ambiant se refroidit en cédant une partie de sa chaleur pour permettre l'évaporation. La végétation participe également à une bonne gestion des eaux pluviales et à une meilleure qualité de l'air dans les villes²⁶.

II.2.1.5 - Imperméabilité des matériaux :

L'intensification de l'urbanisation des dernières décennies a aussi provoqué la modification des types de recouvrement des sols. Les sols naturels ont été remplacés par des matériaux imperméables, tels que l'asphalte et les matériaux utilisés pour la construction des bâtiments qui, n'assurant pas de fonctions de filtration et d'absorption de l'eau, modifient le parcours naturel des eaux pluviales²⁷.

²³ Le Groupe d'experts intergouvernementaux sur l'évolution du climat.

²⁴ Pachauri et Reisinger, 2007.

²⁵ MDDEP, 2006

²⁶ Bolund et Hunhammar, 1999; Cavayas et Baudouin, 2008; Akbari et al., 2001; English et al., 2007.

²⁷ Rushtone, 2001; Coutts et al., 2008; Mailhot et Duchesne, 2005.

En effet, dans les villes le taux d'infiltration des sols est de seulement 15 % et la quantité ruisselée de 55 %, tandis qu'en milieu naturel environ 50 % des eaux de pluie sont infiltrées dans le sol et 10 % ruissellent vers les cours d'eau²⁸.

En minimisant la disponibilité de l'eau en milieu urbain, les processus naturels rafraîchissants, comme l'évaporation de l'eau contenue dans les sols et l'évapotranspiration de la végétation, sont restreints et ne peuvent pallier le réchauffement urbain. De plus, les revêtements imperméables contribuent à la contamination des cours d'eau récepteurs par :

- le ruissellement qui entraîne les polluants chimiques, tels que les hydrocarbures et les pesticides;
- les débordements d'égouts causés par les pluies intenses;
- l'érosion des berges due à la grande vitesse du ruissellement.

II.2.1.6 - Chaleur anthropique :

La production de chaleur anthropique telle que la chaleur émise par les véhicules, les climatiseurs et l'activité industrielle est un autre facteur contribuant au développement d'îlots de chaleur, notamment dans les milieux urbains denses où les activités se concentrent²⁹.

II.2.1.7 - Impacts :

Les îlots de chaleur urbains en période estivale peuvent avoir des impacts néfastes sur l'environnement et la santé.

A- Impacts sur l'environnement :

a - Détérioration de la qualité de l'air extérieur :

Les îlots de chaleur urbains contribuent à la formation du smog. En effet, le smog, composé de particules fines et d'ozone troposphérique, se forme lors de la réaction entre les rayons du soleil, la chaleur et les polluants³⁰.

b - Détérioration de la qualité de l'air intérieur :

La chaleur accrue a un effet sur la qualité de l'air intérieur, car elle favorise la multiplication des acariens, des moisissures et des bactéries.

²⁸ USEPA, 2007; Cyr et al., 1998.

²⁹ USEPA, 2008.

³⁰ Akbari et al., 2001.

De plus, certaines substances toxiques, telles que les formaldéhydes, contenues dans les colles utilisées dans la fabrication des meubles et les matériaux de construction, sont libérées lors de fortes chaleurs³¹.

c - Hausse de la demande en énergie :

Les besoins de rafraîchissement de l'air intérieur et de réfrigération peuvent générer une hausse de la demande en énergie ayant comme conséquence l'émission de gaz à effet de serre selon la source d'énergie employée³².

d - Hausse de la demande en eau potable :

En raison des îlots de chaleur, une hausse de la demande en eau potable, pour se rafraîchir (exemples : piscines et jeux d'eau) ou pour hydrater les aménagements végétalisés.

B - Impacts sur la santé :

La chaleur accablante accentuée ou générée par les îlots de chaleur urbains peut créer un stress thermique pour la population. Certaines personnes peuvent être davantage vulnérables aux îlots de chaleur urbains, comme les personnes atteintes de maladies chroniques, les populations socialement isolées, les très jeunes enfants, les travailleurs extérieurs, les personnes ayant un faible niveau socioéconomique, les sportifs extérieurs de haut niveau et les personnes souffrant de troubles mentaux³³. Enfin, les personnes âgées sont également prédisposées à des troubles liés à la chaleur, notamment en raison des changements physiologiques associés au vieillissement.

La chaleur accablante engendrée par les îlots de chaleur urbains peut provoquer des inconforts, des faiblesses, des troubles de la conscience, des crampes, des syncopes, des coups de chaleur, voire exacerber les maladies chroniques préexistantes comme le diabète, l'insuffisance respiratoire, les maladies cardiovasculaires, cérébrovasculaires, neurologiques et rénales, au point de causer la mort³⁴.

II.2.1.8 - Confort thermique :

Afin de réduire la vulnérabilité individuelle et d'assurer un état de satisfaction vis-à-vis l'environnement thermique, les températures ambiantes doivent être ni trop basses ni trop

³¹ Salomon et Aubert, 2003.

³² Voogt, 2002.

³³ Besancenot, 2002; OMS, 2007; CSST, 2004

³⁴ Besancenot, 2002; Lubert et McGeehin, 2008

élevées. La température corporelle, d'environ 37 °C, est maintenue grâce aux apports de calories apportés par la nourriture et aux échanges de chaleur avec l'environnement immédiat selon ces mécanismes :

- la convection, qui favorise les échanges entre la peau et l'air ambiant, lesquels sont accentués par la vitesse de l'air;
- la conduction, soit des échanges par contact direct de la peau et d'un corps plus chaud ou plus froid (exemple : marcher pieds nus sur un plancher froid);
- le rayonnement, ou des échanges entre la peau et les éléments solides de l'environnement (exemples : murs, plafond, sol et sources de chaleur);
- la transpiration, soit une perte de chaleur par évaporation de sueur, plus efficace lorsque l'humidité relative est faible.

L'interprétation du confort thermique varie d'une personne à l'autre selon divers paramètres individuels et contextuels, dont le niveau d'activité, l'acclimatation physiologique et psychologique à la chaleur, le type de vêtements portés, la température de l'air et des surfaces environnantes, le rayonnement solaire ainsi que la vitesse et l'humidité relative de l'air³⁵.

Le confort thermique est donc propre à chacun et il est impossible de définir un type d'environnement thermique qui répond aux exigences de tous. Cependant, il est possible de spécifier un intervalle de température acceptable pour un pourcentage élevé de personnes.

Cet intervalle se situerait entre 20 et 27 °C avec un taux d'humidité optimal allant de 35 à 60%³⁶.

II.2.1.9 - Climatisation :

Afin d'assurer un confort thermique en période estivale, les climatiseurs sont souvent employés au domicile, au travail, dans les lieux publics et même dans la voiture. Cependant, cette solution n'est pas à choisir d'emblée, car en plus de la grande demande en énergie qu'elle crée, une climatisation accrue et généralisée peut entraîner des impacts accentuant l'îlot de chaleur urbain. De façon générale, la climatisation à grande échelle peut occasionner

- une grande demande en énergie, en particulier aux heures de pointe, en opposition avec les principes d'efficacité énergétique.
- la production de chaleur anthropique par extraction de l'air chaud de l'intérieur du bâtiment vers l'extérieur du bâtiment. De plus, le processus de climatisation (compression et condensation) émet de la chaleur.

³⁵ Brown et Gillespie, 1995; Fanger, 1982.

³⁶ Fanger, 1982; Déoux, 2004; Nikolopoulou, 2004.

- l'émission de gaz à effet de serre causée par l'utilisation de fluides frigorigènes nocifs, dont le taux annuel de fuite atteindrait environ 10 % pour les climatiseurs individuels et 15 % pour les climatisations centralisées.
- la dégradation de la qualité de l'air et certaines de ses conséquences sur la santé humaine, principalement en raison du risque de dissémination des bactéries *Legionella*, associé surtout aux climatiseurs industriels³⁷.
- l'augmentation de la pollution sonore que crée le bruit de certains systèmes de climatisation³⁸.

À ce jour, la climatisation semble souvent envisagée comme une solution de premier choix. De fait, cette mesure préventive apparaît utile et essentielle pour certaines personnes ayant très peu de capacité d'adaptation à faire face aux troubles liés à la chaleur et à ceux pouvant conduire au décès³⁹. Cela dit, elle ne saurait être considérée comme le moyen de pallier l'actuelle déforestation urbaine ou encore de régler les défauts de conception ou les erreurs de gestion d'un bâtiment. À la lumière des conséquences de l'utilisation de la climatisation à grande échelle, dont certaines ont été rapportées ci-dessus, il s'avère donc très important d'envisager d'autres solutions, plus durables tant pour l'environnement que pour la santé des générations actuelles et futures, et qui tiennent compte de considérations qui toucheront à la fois les causes du changement climatique et l'adaptation à ce changement⁴⁰.

II.3. - Morphologie urbaine :

En parlant de « morphologie urbaine » on signifie simplement la forme tridimensionnelle d'un groupe de bâtiments ainsi que les espaces qu'ils créent. La raison principale de travailler avec cette façon de voir la forme urbaine est qu'elle permet aux concepteurs et planificateurs de comprendre les conséquences de choix stratégiques sans perdre les questions de détails architecturaux. La morphologie urbaine est d'importance primordiale pour le micro climat extérieur. Pour décrire la morphologie urbaine, on utilisera une gamme de descripteurs de forme qui permettent de faire des liens avec les performances environnementales. Par exemple, on peut discuter de l'influence de la géométrie des bâtiments sur le vent dans un espace ouvert. Le but n'est pas de décrire en détail la physique ou la complexité des phénomènes mais de définir des relations simplifiées.

³⁷ Déoux, 2004

³⁸ Salomon et Aubert, 2003

³⁹ Jacques et Kosatsky, 2005.

⁴⁰ McEvoy et al., 2006

II.3.1 - Paramètres morphologiques et leurs influences sur les espaces urbains ouverts :

II.3.1.1 - Porosité et obstruction du vent :

L'écoulement du vent constitue un paramètre important à prendre en compte lors de la conception d'espaces urbains. Le vent peut être considéré comme un facteur positif ou négatif selon le climat général du lieu et selon la saison. Pour étudier le comportement du vent dans la nouvelle ville Ali Mendjeli de Constantine, nous avons employé une soufflerie virtuelle pour observer les écoulements du vent provenant de 3 directions différentes. Pour cette recherche, nous avons utilisé la rose des vents de Constantine. Cette carte illustre les zones le plus fréquemment calmes comparativement aux zones le plus souvent exposées au vent. Elle indique pour chaque direction, les obstructions créées par les zones construites. Un plus grand degré de porosité dans une certaine direction indique des cheminements dans lesquels le vent peut circuler. Ainsi, une porosité élevée donne une indication sur les vitesses du vent et sur l'efficacité de ventilation.

II.3.1.2 - Diversité environnementale :

Lors de la conception d'espaces urbains ouverts, il est important de se rappeler qu'il est préférable de créer une variété de conditions environnementales car c'est la façon naturelle dont les choses se présentent dans les espaces extérieurs. En faisant cela, on sera capable de créer toute une variété de conditions environnementales favorables adaptées à une plus large gamme de préférences personnelles. L'interaction entre les différents paramètres de la morphologie urbaine crée un profil de diversité unique sur chaque site.

D'autre part, on pourrait concevoir ou procurer l'accès à des espaces intermédiaires disposant de caractéristiques thermiques adéquates telles que : inertie thermique élevée, orientation sur les vents dominants pour augmenter les mouvements d'air, etc.

On pourrait considérer comme « diversité appropriée » là où les facteurs négatifs sont réduits et où des conditions positives sont augmentées. Dans un climat chaud et aride, on viserait à avoir plus d'ombrage et de stabilité thermique alors que dans un climat chaud et humide, le vent et l'ombrage sont critiques. Dans un contexte froid, du soleil et des conditions peu venteuses devraient prédominer. De façon similaire, dans les climats à fortes variations saisonnières, il est possible de définir certains espaces ayant des conditions appropriées principalement en été et d'autres pour un usage hivernal. Cependant, pour tous les climats ou

saisons, il y a un avantage à disposer d'une gamme appropriée de conditions afin d'augmenter la liberté de choix.

II.4. - Introduction aux outils des études à caractère aérauliques :

II.4.1 - Simulation informatique : La mécanique des fluides numérique (CFD) en architecture :

II.4.1.1 - Qu'est-ce que la CFD ? :

La CFD ou Computational Fluid Dynamics (soit en français, Dynamique des Fluides Numérique) est un ensemble de méthodes numériques permettant d'obtenir une solution approximative d'un problème de dynamique des fluides et/ou de transfert thermique. Les équations qui interviennent sont celles de la mécanique des fluides, résolues par des méthodes numériques. La solution est approximative et non pas exacte pour plusieurs raisons. D'abord, parce qu'on résout les équations de Navier-Stokes numériquement en les discrétisant. Deuxièmement, pour des raisons de limitation de la puissance de calcul et de mémoire, certains termes des équations à résoudre sont remplacés par des modèles empiriques de turbulence qui ne sont pas exacts. Cependant, grâce au développement des méthodes numériques et à des calculateurs de plus en plus puissants avec une grande capacité de mémoire, la CFD permet d'avoir des solutions très satisfaisantes.

II.4.1.2 - Intérêts de la CFD :

Pour traiter un problème de mécanique des fluides en architecture, on peut le résoudre soit par une approche :

- *analytique* : le grand avantage de cette approche est qu'elle permet d'avoir des solutions exactes. Cependant, elle est limitée pour des cas très simples en formulant un certain nombre d'hypothèses.
- *expérimentale* : c'est sûrement l'approche qui représente le mieux la réalité. En contrepartie, elle est souvent difficile à mettre en œuvre et nécessite un certain temps pour résoudre tous les problèmes qu'on peut rencontrer. Sans oublier qu'elle est très coûteuse.
- *numérique* : elle permet de faire moins d'hypothèses qu'une approche analytique et permet de traiter des problèmes relativement complexes. De plus, elle est beaucoup moins

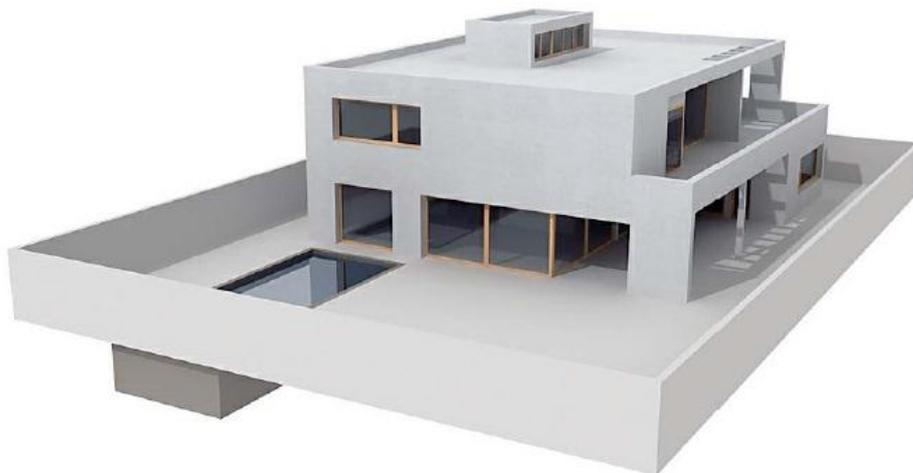
coûteuse qu'une approche expérimentale. Par contre, elle est limitée par l'ordre des méthodes numériques utilisées, la précision du modèle et les moyens de calcul.

Les efforts et les progrès réalisés dans les méthodes numériques et plus particulièrement en CFD depuis les années 1960 jusqu'à aujourd'hui, montrent tout l'intérêt qu'on lui porte.

II.4.1.3 - Etapes de la CFD :

A - CAO :

Toute simulation CFD commence par la réalisation de la géométrie en 2D ou 3D, soit avec un logiciel intégré au code de calcul CFD soit à l'aide d'un logiciel de CAO (voir figure 28). Dans le deuxième cas, la géométrie doit être exportée en un format lisible par le logiciel de maillage. Dans le logiciel que nous allons utiliser dans cette recherche (PHOENICS de CHAM) les extensions sont STL et DWG.



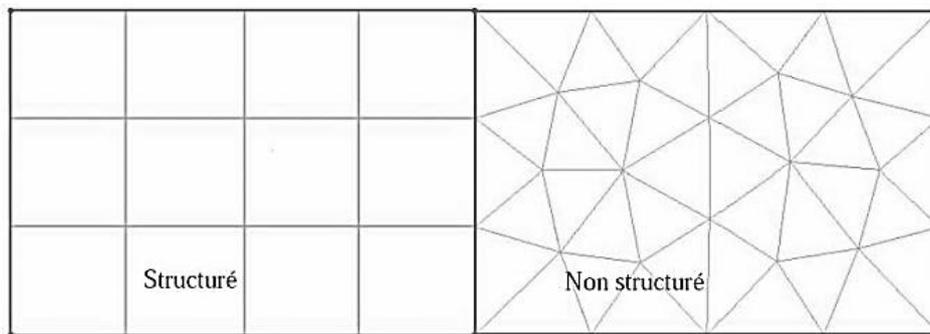
Source : auteur

Fig. 28 – Représentation d'une modélisation 3D faite avec un logiciel CAO qui peut être exporté en DWG ou en STL.

B - Maillage :

Il existe deux type de maillages le premier *structuré* et le second *non structuré* (voir figure 29) La génération du maillage (2D ou 3D) est une phase très importante dans une analyse CFD, vu son influence sur la solution calculé. Un maillage de très bonne qualité (maillage fin) est essentiel pour l'obtention d'un résultat de calcul précis, robuste et signifiant. La qualité du

maillage a un sérieux impact sur la convergence, la précision de la solution et surtout sur le temps de calcul.



Source : auteur

Fig. 29 – Maillages structurés et non structurés.

a - Choix du type de maillage :

On définit les maillages structurés, et non structurés (voir Fig 29).

Maillage structuré (quadra/hexa) :

Il présente les avantages suivants :

- Economique en nombre d'éléments, présente un nombre inférieur de mailles par rapport un maillage non structuré équivalent.
- Lorsque l'écoulement moyen est aligné avec le maillage, un maillage structuré réduit les risques d'erreurs numériques.

Ses inconvénients :

- Difficile à générer dans le cas d'une configuration urbaine complexe.
- Difficile d'obtenir une bonne qualité de maillage pour certaines géométries complexes.

Maillage non structuré (tri/tétra) :

Les éléments de ce type de maillage sont générés arbitrairement sans aucune contrainte quant à leur disposition. Ses avantages :

- Peut-être généré sur une géométrie complexe tout en gardant une bonne qualité des éléments.

- Les algorithmes de génération de ce type de maillage sont très automatisés.

Ses inconvénients :

- Très gourmand en nombre de mailles comparativement au maillage structuré.
- Engendre des erreurs numériques (fausse diffusion) qui peuvent être plus importante si l'on le compare avec le maillage structuré.

b - Techniques générales de génération du maillage :

En pratique, il n'existe pas de règle précise pour la création d'un maillage valable, cependant il existe différentes approches qui permettent d'obtenir une grille acceptable.

Nous pouvons résumer ces règles ainsi :

- Maintenir une bonne Qualité des éléments.
- Assurer une bonne Résolution dans les régions à fort gradient.
- Assurer un bon Lissage dans les zones de transition entre les parties maillage à fin et les parties à maillage plus grand.
- Minimiser le nombre Total des éléments (temps de calcul raisonnable).

Nombre total d'éléments :

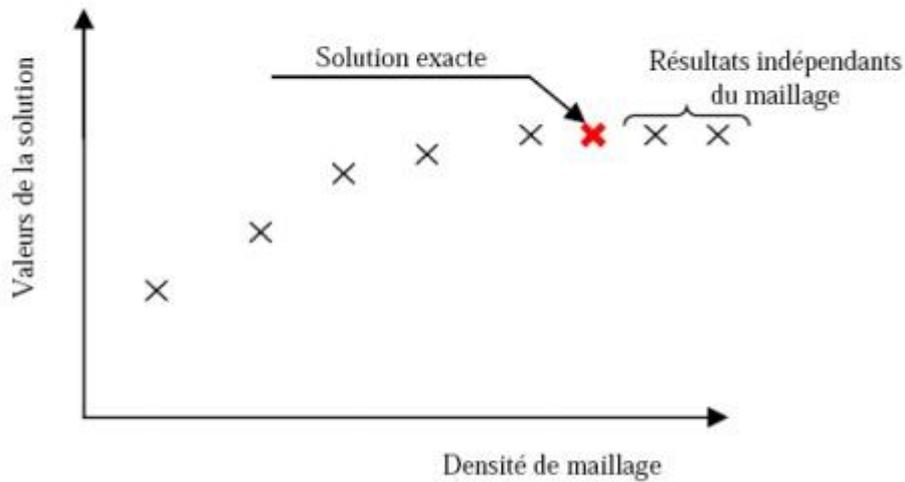
Un nombre important d'éléments de maillage permet sans doute d'améliorer la précision des calculs, mais pénalise les ressources informatiques en terme de mémoire et alourdit le système. En conséquence, un compromis entre précision et temps de calcul s'impose. Des techniques existent pour économiser un certain nombre d'éléments :

- Utilisation des maillages non uniformes, en concentrant la bonne qualité du maillage uniquement dans les zones où c'est nécessaire.
- Utilisation de la fonction adaptation de maillage pour raffiner uniquement sur des zones bien précises (si le code possède cette option).
- Utilisation des éléments de maillage hexaédriques dans les zones adéquates.

C - Résolution :

La notion de résolution concerne plus particulièrement les zones qui présentent un fort gradient, ainsi une bonne résolution permet de mieux décrire les phénomènes aérauliques qui peuvent résulter en confrontation avec des configurations urbaines de nature solide.

D - Convergence en maillage :



Source : <http://florent.ravelet.free.fr>

Fig. 30 – Test de convergence en maillage.

Dans une modélisation CFD, la solution doit être indépendante de la densité du maillage pour être sûr du réalisme de la solution que donne le solveur après convergence (voir figure 30).

E - Simulation :

Cette section se veut la plus générale possible, elle explicite les étapes nécessaires pour réussir une simulation d'un problème en mécanique des fluides, de subtiles différences sont possibles (par exemple l'appellation des lois de paroi).

1. Choix du solveur
2. Choix du modèle de turbulence
3. Définition des caractéristiques du fluide
4. Operating conditions.
5. Conditions aux limites.
6. Choix des critères de convergence.
7. Initialisation des calculs.
8. Sauvegardes.

9. Lancement de la simulation.

F - Choix du solveur :

Selon le problème, on peut être amené à considérer :

- La dimension du problème, 2D, 3D.
- Le caractère stationnaire ou instationnaire.
- Le caractère incompressible ou compressible de l'écoulement.

G - Choix du modèle de turbulence :

Parmi les principaux modèles de turbulence disponibles, on a :

Modèles	Avantages	Inconvénients
Spalart-Allmaras	Economique. Bon pour les écoulements moyennement complexes, et les écoulements sur profil.	N'est pas largement testé.
Standard $k - \varepsilon$	Robuste, économique et relativement précis.	Résultats médiocre pour des écoulements complexes.
RNG $k - \varepsilon$	Dérivé par une méthode statistique rigoureuse (Renormalization Group theory). Bon pour des écoulements moyennement complexes (impact de jet, séparation d'écoulements, recirculations).	Limité par l'hypothèse de viscosité turbulente isotrope.
Realizable $k - \varepsilon$	Respecte une contrainte physique que peut violer le modèle $k - \varepsilon$. Offre les mêmes avantages que le RNG.	Limité par l'hypothèse de viscosité turbulente isotrope.
SST et Standard $k - \omega$	Meilleur que le Realizable $k - \varepsilon$. Le SST $k - \omega$ fait une transition entre le $k - \omega$ (faibles nombres de Reynolds et couche limites).	Nécessite une plus grande résolution du maillage aux frontières (pas de lois aux murs).
Reynolds-Stress Model (RSM)	Le modèle le plus complet physiquement (le transport de la turbulence est pris en compte).	Requiert plus de temps CPU. Les équations de quantité de mouvement et turbulence ont étroitement liées.

Source : <http://florent.ravelet.free.fr>

Tab n°06. Tableau récapitulatif des principaux modèles de turbulences.

H - Conditions aux limites :

On dispose d'un certain nombre de conditions, parmi lesquelles :

- Velocity Inlet : Utilisée pour des écoulements incompressibles ou moyennement compressibles, quand la vitesse d'entrée est connue.
- Pressure Inlet : Utilisée pour les écoulements compressibles et incompressibles. On fixe alors la pression totale en entrée.
- Pressure Outlet : Spécifie la pression statique de sortie. L'utilisation de Pressure Outlet sert à définir la pression statique à la sortie. L'utilisation de la condition.
- Wall : Utilisé pour délimiter les régions solides des régions fluides. En général on utilise les propriétés d'une paroi lisse.

I - Choix des critères de convergence :

Un solveur itératif cherche à équilibrer les équations de conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie. Partant d'une solution initiale, le solveur la fait évoluer vers une solution finale qui respecte au mieux ces diverses équations.

J - Initialisation des calculs :

Il est conseillé dans de nombreux cas d'initialiser les calculs aux conditions de l'entrée. Toutefois s'il y a un calcul qui a déjà convergé et que vous désirez changer juste un paramètre (par exemple la vitesse d'entrée), il est préférable d'initialiser au calcul précédent déjà convergé.

K - Sauvegardes :

Il est conseillé une fois le paramétrage effectué de sauvegarder la simulation, avant de la lancer, ainsi que de mettre en place une sauvegarde automatique tous les n itérations ou pas de temps.

II.4.1.4 - Avantages de la CFD (Computational fluid dynamics):

Les avantages d'une solution informatique plus essais en soufflerie traditionnelle sont multiples. Les points suivant sont essentiels à une pratique d'ingénierie multidisciplinaire :

- La flexibilité à modifier le modèle : par rapport aux coûts importants et aux retards dans les essais en soufflerie est en préparation du modèle physique, la CFD offre la

possibilité de modifier et d'affiner le modèle et aussi d'examiner plus d'alternatives de conception.

- La vitesse d'analyse : Un modèle CFD peut être construit à partir d'un dessin d'architecture et analysé en l'espace de quelques jours, alors que la préparation d'un modèle physique et l'organisation d'un test en soufflerie peut prendre plusieurs semaines. Il est maintenant possible de modéliser un grand nombre de cellules jusqu'à 4.500.000 et utiliser des traitements parallèles sur des machines de bureau standard, ces problèmes peuvent maintenant être résolus en 2-3 jours.
- Pas d'effet d'échelle : Il est impossible de construire une maquette dans une soufflerie à couche limite normale qui correspond à différentes échelles, cela devient particulièrement important pour les très grandes structures où un très haut degré de l'échelle est nécessaire ou si des effets locaux doivent être examinés.
- La modélisation précise de structure perméable : les structures perméables comme les haies et les écrans peuvent être directement représentés dans le modèle CFD.
- Intégrer à la conception et le processus en détail : comme la conception et la construction sont de plus en plus automatisée, avec des modèles informatiques de l'édifice étant passé entre l'architecte, les ingénieurs et les fabricants, les méthodes de conceptions qui s'inscrivent dans ce processus sont de plus en plus attrayant. Les informations générées par la modélisation peuvent être présentée directement au concepteur. Le processus est dynamique et interactif qui signifie que les modifications de conception nouvelle peuvent facilement être implémenté et testé, en améliorant la conception des bâtiments et le confort des piétons. Cela peut présenter un défi pour le concepteur où le coût et le temps doivent être contrôlés lors de ces changements de conception.

Les mesures peuvent être prises à tous les points simultanément : Les ingénieurs doivent d'abord évaluer quels sont les points clés si des mesures ne sont pas prises à certains points clés dans le tunnel aérodynamique. Pour les structures complexes cela peut être ni trivial ni intuitive et des études initiales de visualisation de l'écoulement peuvent être nécessaire avant de placer toute l'instrumentation.

II.4.2 - Soufflerie climatique :

II.4.2.1 - Passage en soufflerie-généralités :

A - Maquette :

Dimension Max 85cm de diamètre : exigence du support

Couleur : noir mat...visualisation de phénomènes

Bords d'attaque : $\frac{1}{4}$ d'ellipse dans le rapport $\frac{1}{2}$ profil offrant le minimum de turbulence et conserve l'homogénéité des filets d'air.

Poids : la maquette doit être suffisamment lourde pour ne pas être emportée par le flux d'air.

Fidélité de reproduction : Importance de la végétation, relief des façades si possible.

Echelle : 1/500 – 1/2000 relief – bâtiment – végétation

1/2000 – 1/5000 relief uniquement.

B - Procédés de visualisation :

a-fumigène : émetteur de fumée, vapeurs ammoniacales, émission ponctuelle qui met en évidence les lignes directrices des courants d'air, ainsi que les zones de perturbations



Source : www.nationalgeographic.com/

Fig 31 –. Essais en soufflerie du bâtiment Bahrain World Trade Center.

b-Talc : visualisation des lignes de courant

Deux méthodes :

A/ petits tas : dosés de la même façon

Placés aux points critiques

B/ par saupoudrage : répartition sur toute la maquette à l'aide d'un tamis

N.B : La pratique des tas est le seul moyen de déterminer avec précision les lignes de courants.

Le saupoudrage donne des résultats généraux concernant les zones exposées et les zones protégées.

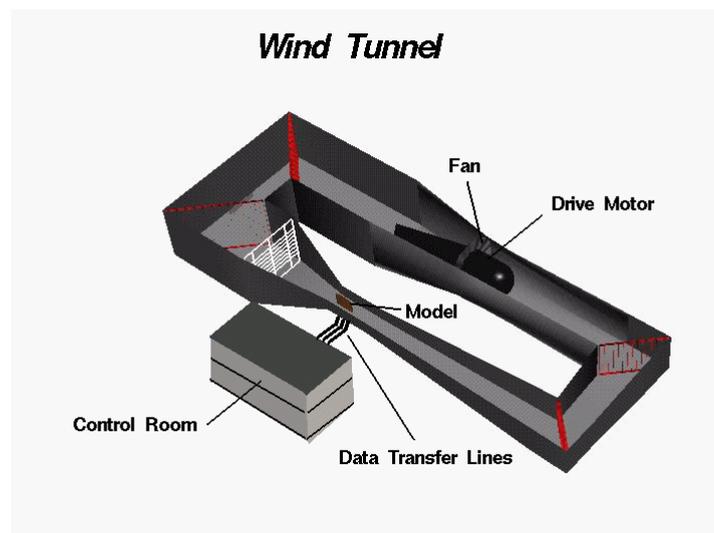
La validité des résultats dépend en grande partie de la fidélité du support (texture, rugosité).

Attention aux lignes de peinture, aux ondulations dues à un mauvais collage du revêtement du support, le talc a tendance à accuser les imprécisions de la maquette.

C - Prise de vue :

	PROCEDES			ANGLE DE PRISE DE VUE		REGLAGES			SOURCE LUMINEUSE
	FUMI	TALC				VITESSE	OUV.	SENS	ANGLE
	Oui	/	/	/	Oui	500	35	125	30
PHOTO	/	Oui	Oui	Oui	/	500	35	125	60-70
CINEMA	Oui	/	/	Oui					30
		Oui	Oui	Oui					60-70

Tab n°07. Différents réglages pour la prise de vue.



(Source : www.Nasa.com)

Fig 32– Représentation d'un tunnel a vent.

II.5. - Présentation du logiciel PHOENICS:

II.5.1 - Définition :

CHAM signifie, Concentration, Heat & Momentum, fondée en 1974 par le Pr Brian SPALDING qui est un leader mondial de la simulation en mécanique des fluides. CHAM a développé une solution pour la modélisation et le calcul en mécanique des fluides, transferts thermiques, réactions chimiques et contraintes dans les solides⁴¹.

II.5.2 - Le logiciel PHOENICS :

PHOENICS signifie « Parabolic Hyperbolic Or Numerical Integration Code Series » ,ce dernier a été conçu pour simuler une variété de procédés industriels, allant des systèmes d'air conditionné à la prédiction du comportement de nappes d'huile, PHOENICS est un outil précis, fiable et facile d'emploi.

C'est un logiciel polyvalent qui prédit quantitativement:

- Comment les fluides (air, eau, vapeur, huile, sang, etc.) se comportent dans et autour de:
 - moteurs,
 - équipement de procédé,
 - bâtiments,
 - êtres humains,
 - lacs, rivières et océans,
 - et ainsi de suite;
- les changements associés des compositions chimiques et physiques;
- Associé les contraintes dans les solides immergés.
- PHOENICS est en effet employé principalement par:
 - **Les scientifiques** pour interpréter leurs observations expérimentales.
 - **Les ingénieurs** pour la conception des avions et autres véhicules, et de l'équipement qui produit de puissance ou qui traite les matériaux.

⁴¹ www.cham.co.uk/

- **Les architectes** pour l'aide à la conception des bâtiments du point de vue aéraulique afin d'optimiser les écoulements à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments.
- **Les spécialistes de l'environnement** pour la prédiction, et si le contrôle est possible, de l'impact environnemental et les risques.
- **Les enseignants et les élèves** pour l'étude de la dynamique des fluides, transfert thermique, la combustion et des disciplines connexes.

- PHOENICS a été continuellement sur le marché, utilisé et développé depuis 1981, raison pour laquelle il possède de nombreuses fonctionnalités qui n'ont toujours pas encore trouvé leurs chemins dans les codes concurrentiels, comme expliqué dans la section suivante.

II.5.3 - Les avantages que donne le logiciel :

L'interface en Réalité virtuelle de PHOENICS permet une mise en place du problème et une visualisation des résultats en 1D, 2D et 3D.

PHOENICS peut importer la majorité des fichiers générés par les logiciels CAO (3DS MAX, AC3D, Autocad, CATIA, PATRAN, ALGOR....) sous les formats IGES, STL, DXF...grâce à son interface GENIUS. Ces développements permettent aux utilisateurs de logiciels CAO d'adopter PHOENICS très facilement.

Le logiciel permet d'avoir une dimension évolutif à architecture ouverte : si une option est nécessaire, elle peut être programmée en FORTRAN par l'utilisateur ou par CHAM. PHOENICS qui possède un logiciel unique « PLANT » qui génère de la programmation Fortran sans erreur. L'utilisateur peut donc incorporer ses propres modules (logiciels tierces, développements internes...).

Les prédictions obtenues par PHOENICS ont fait l'objet de tests de validation qui ont prouvé sa fiabilité et sa précision. Aussi PHOENICS possède une large gamme de solveurs d'équations linéaires, de nombreux schémas numériques d'ordre supérieur(linéaires et non-linéaires), plusieurs formulations pour les modèles.

Les applications du logiciel : Aéronautique, Agro-alimentaire, architecture, urbanisation, automobile, chimie, combustion, énergie nucléaire, thermique et électrique, environnement, génie des procédés, marine et plateformes pétrolières, métallurgie, turbomachines.

II.6. – Les recherches faites au paravent sur la CFD en architecture:

II.6.1 - La recherche intitulée « *COMPUTER SIMULATION OF WIND ENVIRONMENTAL CONDITIONS AROUND BUILDINGS* » :

La présente étude examine la faisabilité d'étendre le développement d'un outil « logiciel » qui pourrait éventuellement être utilisés par les architectes et les ingénieurs praticiens pour l'évaluation approximative des conditions environnementales du vent autour des bâtiments. Par conséquent, la simulation d'un champ d'écoulement de vent autour du centre-ville de Montréal à été tentée. Des mesures détaillées ont également été menées dans une soufflerie à couche limite avec les mêmes modèles des configurations de construction que ceux utilisés pour la modélisation numérique. Le document examine les résultats de l'étude numérique expérimentale ainsi que les avantages et les inconvénients de cette approche.

Cette recherche représente une étude pilote faite en 1996, et qui démontre l'utilité de la CFD dans la conception des bâtiments a travers sont coût beaucoup moins chère que celui des souffleries climatiques ainsi qu'a la possibilité de changer facilement la configuration géométrique et enfin elle démontre que les données résultants des calculs numériques correspondes dans la plupart a ceux tirées des essais en soufflerie climatique.

II.6.2 - La recherche intitulée « *APPLYING CFD IN DESIGN FOR BETTER WIND ENVIRONMENT OF OPEN SPACES* » :

Cet article rapport une étude du vent en utilisant un code commercial CFD pour la conception de l'environnement extérieur dans un projet de développement « master plan ».

L'étude à consister en la construction et la validation du modèle de calcul, et l'exécution du modèle pour les mises en « master plan » deux et l'analyse des conditions de vent à l'espace ouvert au centre du plan où le confort du vent et la pénétration solaire ont été des préoccupations majeures dans sa conception de l'environnement. L'objectif de cette recherche est de démontrer que la CFD est encore en développement, certaines de ses techniques rassemblées ici semblent être suffisantes pour l'évaluation externe du confort au niveau des piétons dans la conception de l'environnement. Aussi la validation d'un modèle CFD et la connaissance du degré des erreurs sont essentiels à la compréhension, l'interprétation et la présentation des résultats de CFD.

II.6.3 - La recherche intitulée « WIND EFFECTS ON AND AROUND L- AND U-SHAPED BUILDINGS » :

Dans cette recherche, une étude est présentée sur les effets du vent sur et autour des bâtiments de plan irréguliers pour des configurations en L et U. Deux approches ont été adoptées : une approche expérimentale, avec des tests en soufflerie de modèles sous flux amont uniforme où l'efficacité de ces bâtiments en L et en U à changer la répartition de la pression de surface évalués, et une approche numérique, où le champ de vitesse autour de ces bâtiments a été illustrée à l'aide du logiciel de CFD PHOENICS.

II.6.4 - La recherche intitulée « MODELLING THE WIND FLOW IN COMPLEX URBAN TOPOGRAPHIES: A COMPUTATIONAL-FLUID-DYNAMICS SIMULATION OF THE CENTRAL LONDON AREA » :

Cette étude traite de l'écoulement du vent à travers et au-dessus d'une zone urbaine à l'échelle d'un quartier à Londres. Elle fait partie d'un effort de recherche plus vaste sous le grison britannique du consortium, qui implique des expériences de terrain, des expériences en soufflerie, modélisation numérique, des mesures météorologiques, et le développement du modèle et l'évaluation. Dans cette recherche ils nous présentent qualitativement les résultats d'une étude numérique de l'écoulement du vent sur une zone centrale de Londres. L'examen qualitatif de l'écoulement vise à l'identification des principales caractéristiques de ce dernier et l'utilisation de cette information pour améliorer la modélisation opérationnelle.

N°	Intitulé de l'article	Année	Nom des chercheurs	Logiciels utilisés
1	COMPUTER SIMULATION OF WIND ENVIRONMENTAL CONDITIONS AROUND BUILDINGS	1996	<p>T. Stathopoulos Centre for Building Studies, Concordia University, Montreal, Quebec, Canada H3G 1M5</p> <p>B. A. Baskaran Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0R6</p>	CHAM PHOENICS
2	APPLYING CFD IN DESIGN FOR BETTER WIND ENVIRONMENT OF OPEN SPACES	2002	<p>Fan Wang and Cheng-Hu Hu School of Built Environment Heriot-Watt University Edinburgh EH14 4AS</p>	CHAM PHOENICS
3	WIND EFFECTS ON AND AROUND L- AND U-SHAPED BUILDINGS	2003	<p>M. Glória Gomes*, A. Moret Rodrigues*, Pedro Mendes* * Department of Civil Engineering and Architecture, Instituto Superior Técnico/ICIST, Technical University of Lisbon, Lisbon, Portugal</p>	CHAM PHOENICS
4	MODELLING THE WIND FLOW IN COMPLEX URBAN TOPOGRAPHIES: A COMPUTATIONAL-FLUID-DYNAMICS SIMULATION OF THE CENTRAL LONDON AREA	2005	<p>Marina K-A Neophytou: Department of Civil and Environmental Engineering, University of Cyprus, P.O.BOX 20537, 1678 Nicosia, Cyprus e-mail: neophytou@ucy.ac.cy,</p> <p>Rex E Britter: Department of Engineering, University of Cambridge, Trumpington Street, Cambridge CB2 1PZ, UK</p>	ANSYS FLUENT

Tab 08. Représentation de la chronologie des recherches choisies.

II.7.- Les effets aérodynamiques sur les ensembles bâtis.

La mise en place d'étendues urbanisées, de fronts construits à grande échelle, de formes à l'aérodynamisme inhabituel, etc. modifie la topographie propre des sites et les caractéristiques des vents incidents. A une échelle plus locale, les écoulements qui vont s'établir entre les constructions résultent de l'intégration complexe entre le vent et les masses bâties. Celles-ci modèlent les écoulements en fonction de leur forme, de leurs dimensions, de leur juxtaposition.

Le confort local du piéton et même sa sécurité résultent en majeure partie de la nature plus ou moins rapide et « agitée » des flux autour des bâtiments. Le problème de l'intégration du phénomène vent dès la conception et de son contrôle dans les plans masse se pose donc de manière aiguë pour les urbanistes et les architectes. De même, lorsque le problème « vent » n'est pas traité à la genèse des opérations d'urbanisme, il faut pouvoir contrôler a posteriori, les champs de vitesse (changement de fonction d'un quartier, palliatif à une anomalie aérodynamique etc.) et fournir aux aménageurs des moyens d'intervention.

Pour répondre aux besoins des concepteurs, il a été entrepris au C.S.T.B. depuis plusieurs années des recherches en aérodynamique tant sur le plan théorique qu'expérimental. Notre but est double : fournir aux urbanistes et architectes une manière d'aborder et d'intégrer le phénomène vent dans les démarches d'aménagement et leur donner un outil visant à éviter, ou à contrôler à posteriori les nuisances; mettre au point un processus d'interventions efficaces tant sur maquette en soufflerie reproduisant les vents naturels du site que sur le terrain pour des contrôles topographiques ou des recalages climatiques (paramètre vent uniquement).

Il est bien évident qu'une cohésion étroite doit s'instaurer entre concepteur et aérodynamicien, si l'on veut que la démarche soit fructueuse. Ceci suppose de part et d'autre, un investissement intellectuel et technique, et surtout une volonté de compréhension et de confiance mutuelle.

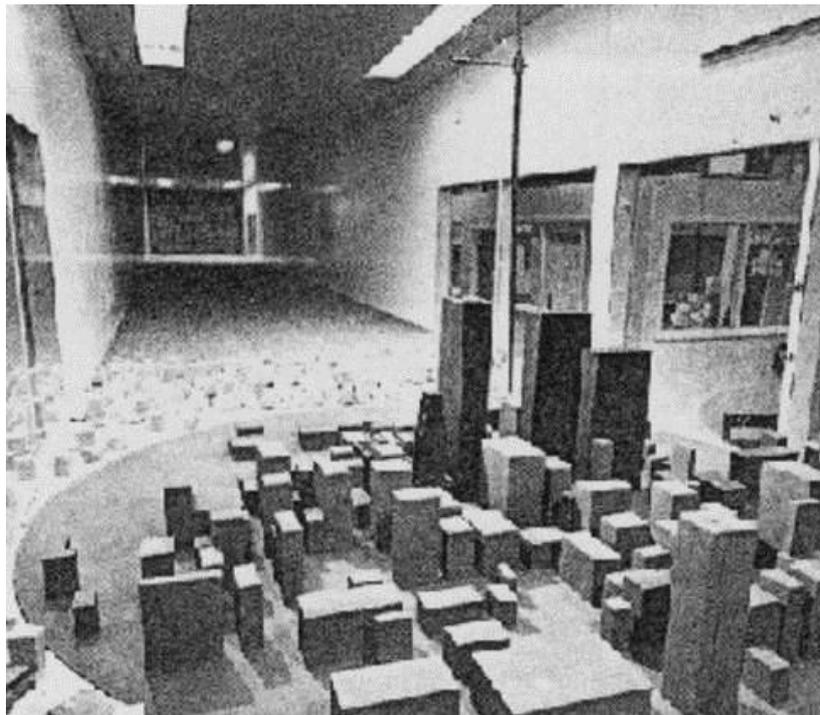
Cet article est directement inspiré du guide méthodologique et conseil pratique « Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti ».

Le présent exposé évoque brièvement les notions essentielles intervenant dans les démarches

d'intégration du vent dans les ensembles bâtis, ainsi que les grosses anomalies aérodynamiques susceptibles de se produire dans les plans masse. Afin d'avoir une vue plus approfondie des choses, nous conseillons vivement d'avoir recours au guide lui-même.

II.7.1 - Les champs de pression autour des bâtiments dans les configurations urbaines:

Il existe autour des bâtiments des zones de surpression et de dépression. Les écoulements et les équilibrages dus aux différences de pressions induisent des courants d'air.



Source : <http://www.energies-renouvelables.org/>

Fig 33–Maquette d'essai en tunnel à vent.

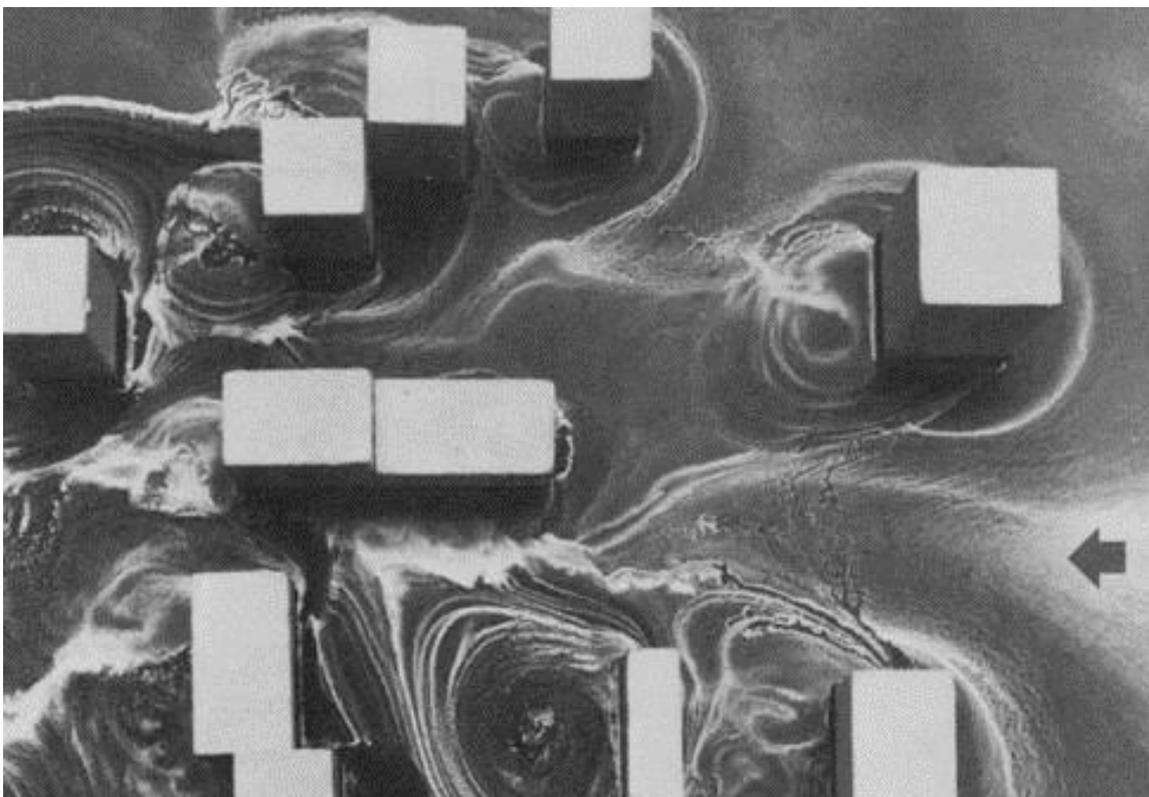
La vitesse et l'orientation du vent autour des bâtiments diffèrent de celles du vent météorologique. Les alentours de la maison peuvent freiner ou accentuer le profit de la brise naturelle.

Garantir une ventilation naturelle importante d'un bâtiment en climat chaud implique la création de zones de haute pression et de basse pression. En effet, la différence de pression dirige le courant d'air autour du bâti et à travers lui, rétablissant ainsi l'équilibre. Assurer une porosité suffisante des parois du bâtiment permet à l'air de pénétrer du côté de la haute pression et de s'évacuer du côté de la basse pression. La haute pression se développe du côté du bâtiment où la couche d'air est plus épaisse et la basse pression suit le processus inverse.

Le champ des pressions autour de l'enveloppe et leur distribution résultent de : - la

forme du bâti, ses dimensions, la rugosité de son enveloppe ; - la nature de l'environnement et les obstacles immédiats du site ; - la vitesse moyenne et la structure de turbulence du vent incident.

Ce champ de pression peut être analysé précisément à partir de simulations informatiques ou d'expériences en soufflerie atmosphérique. Dans le cas de l'immeuble "barre", on observe une surpression face au vent, un décollement avec dépression au niveau des angles du bâtiment et un sillage dépressionnaire tourbillonnaire qui reste présent sur une grande distance en aval du flux.

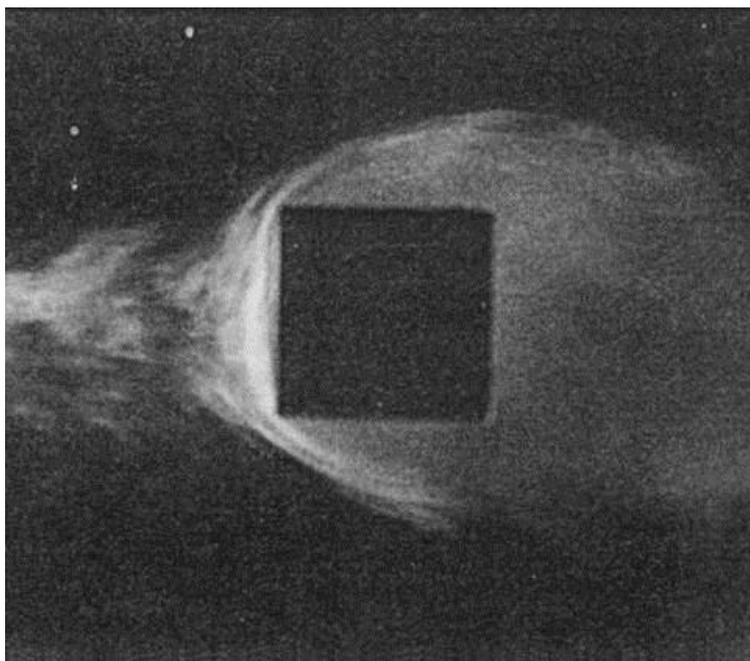


Source : <http://www.energies-renouvelables.org/>

Fig 34–Image d'un essai en soufflerie pour un ensemble de bâtiments.

II.7.2 - L'écoulement de l'air autour d'un bâtiment :

L'écoulement des masses d'air autour d'un bâtiment varie avec la géométrie et le volume de la construction. La déviation des fluides est également liée à la turbulence existante du vent.

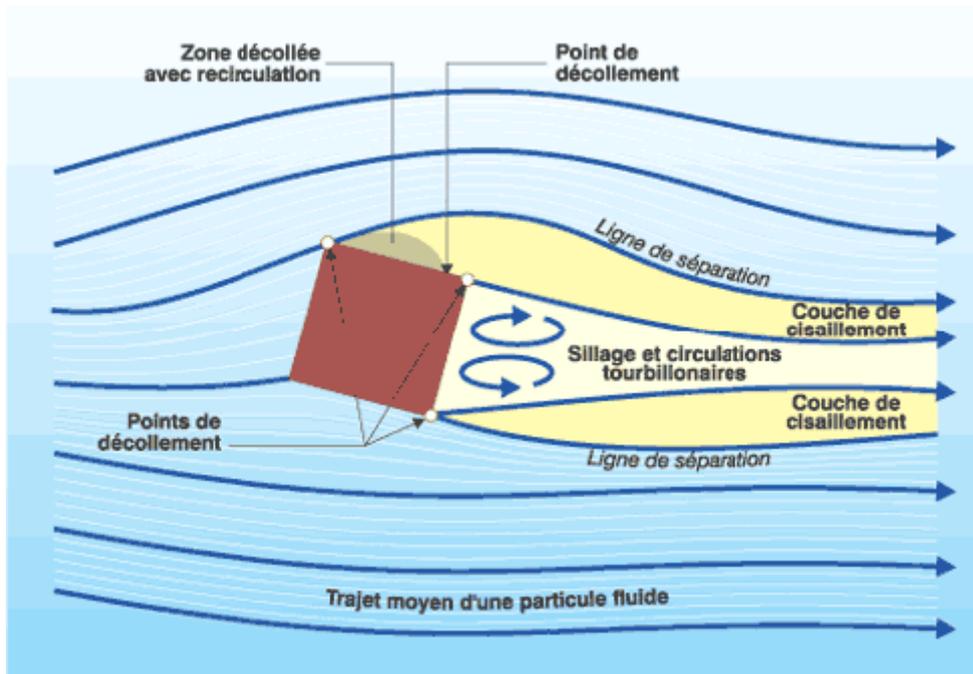


Source : <http://www.energies-renouvelables.org/>

Fig 35–Image d'un essai en soufflerie.

Les masses d'air contournent le bâtiment selon un écoulement qui varie avec la géométrie et les dimensions du bâti par rapport à l'échelle de turbulence. Les caractéristiques de cet écoulement sont déterminées par la position des bâtiments par rapport à l'obstacle.

On peut ainsi décomposer chaque site en plusieurs zones : - la zone en amont du bâtiment : le vent suit un écoulement laminaire (voir figure 36) où tous les filets fluides sont quasiment parallèles ; - une zone de détournement de l'écoulement moyen, de part et d'autre du bâtiment : les filets fluides ont pour réaction de se resserrer, le vent prend de la vitesse mais reste en régime laminaire ; - une zone tourbillonnaire dans laquelle le vent devient turbulent : les filets fluides perdent leur parallélisme et prennent trois directions ; - une zone intermédiaire, la couche de cisaillement, liée aux phénomènes visqueux le long des murs : les mélanges dans cette couche augmentent avec la turbulence ; - une zone décollée avec recirculation due aux écoulement complexes le long des parois, dépendant des aspérités le long des murs ; - des décollements au niveau des angles vifs du bâtiment.

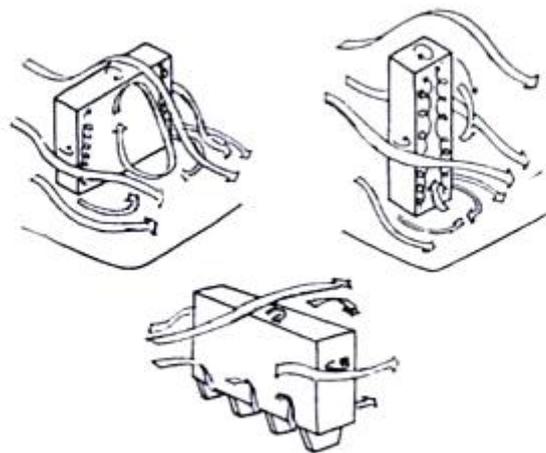


Source : <http://www.energies-renouvelables.org/>

Fig 36–Vue en plan des phénomènes d’un écoulement turbulent qui rencontre un bâtiment parallélépipédique.

II.7.3 - Le comportement du vent autour des constructions :

Les écoulements entre les ensembles bâtis résultent des interactions entre le vent et les masses construites. Les bâtiments modèlent les écoulements par leur forme, leurs dimensions et leur juxtaposition, en fixant la distribution des zones de pression différentes autour des obstacles.



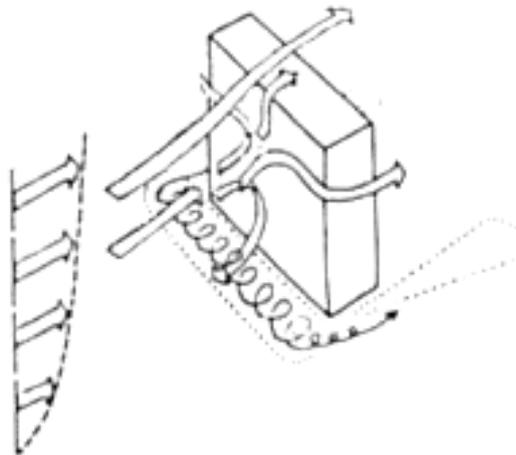
Source : Chatelet et al., 1998.

Fig.37 – Différents types de modèles d’écoulements de vents autour des constructions

La mise en relation de volumes de pression différents au niveau des espaces extérieurs, ou des trous sous-immeuble, conduit à des écoulements très rapides associés plus ou moins à des tourbillons violents.

II.7.4 - La notion de confort et le paramètre descriptif de la gêne au vent :

Le confort de l'homme est affecté par la vitesse du vent (force induite à vaincre) et le comportement fluctuant de ce dernier (variabilité dans le temps et l'espace qui demande une adaptation quasi instantanée de l'individu). Les échanges thermiques entre l'homme et l'extérieur sont aussi affectés par le vent.



Source : Chatelet et al., 1998.

Fig.38 – Type de modélisation et d'appréciation des écoulements de vents.

La notion de confort est difficilement quantifiable car elle est fonction de l'activité du sujet, des conditions météorologiques, de l'état physique et psychique de l'individu.

II.7.5 - Seuil de l'inconfort et fréquence de gêne:

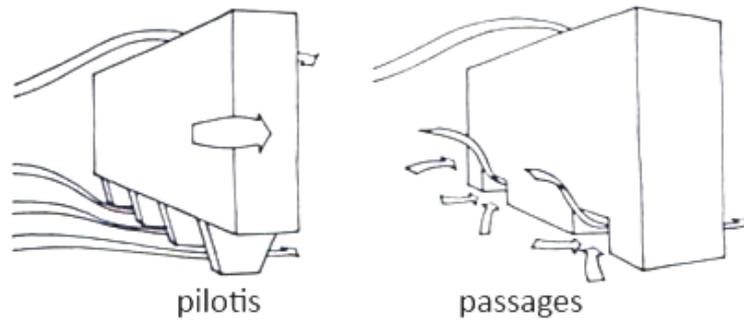
Un seuil de gêne ne représente rien en soi si on ne lui associe pas une fréquence d'inconfort, à savoir le paramétrage du temps pendant lequel le seuil est atteint ou dépassé. Suivant les zones d'un plan masse, l'acceptabilité (ou la non acceptabilité) d'une fréquence de dépassement donnée va être pondérée par leurs fonctions (activités).

II.8 - Les effets du vent en milieu urbain:

II.8.1 - Effet de trous sous immeubles :

Définition :

Phénomène d'écoulement dans les trous ou passage sous immeuble qui relie l'avant du bâtiment en suppression et son arrière en dépression.



Source : Chatelet et al., 1998.

Fig. 39 – Effet de trous sous immeubles

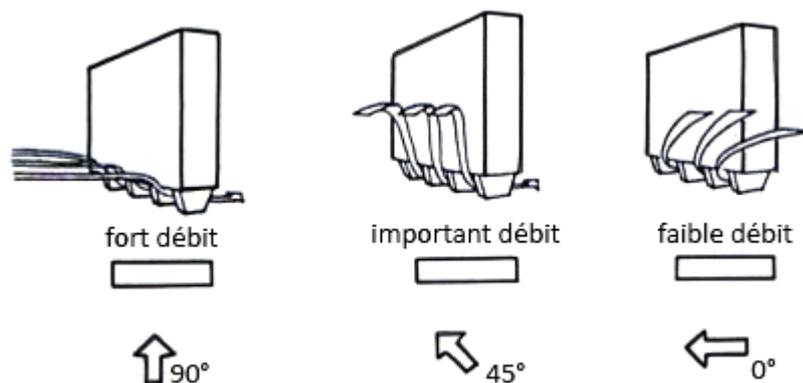
Conditions d'existence :

Hauteur minimum > 15m.

Quantification du phénomène :

Influence de l'incidence : les pilotis de forme pleine jouent un rôle de « pales de guidage » alors que les trous sous immeuble sont plus sensibles à la direction du vent incident.

Influence de la hauteur : plus le bâtiment est élevé, plus le confort est diminué.

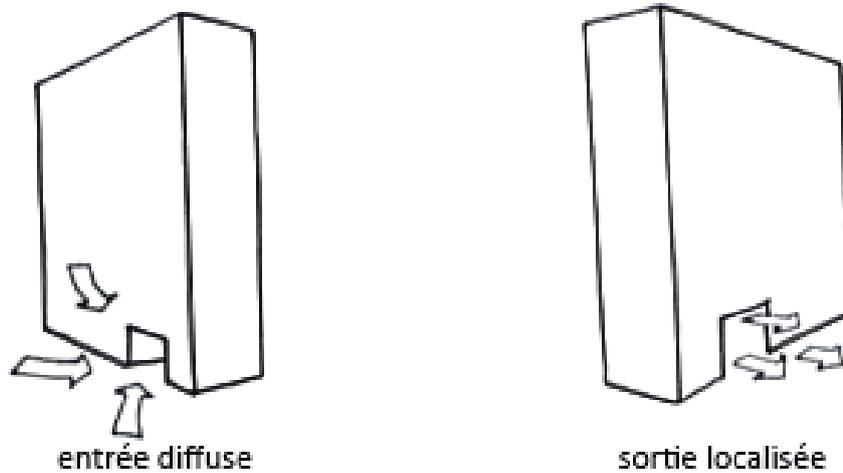


Source : Chatelet et al., 1998.

Fig. 39.1 – Effet de trous sous immeubles à différents angles.

Influence de la hauteur : plus le bâtiment est élevé, plus le confort est diminué.

Comparativement aux pilotis, les trous isolés sous immeubles ont un niveau d'inconfort légèrement moins élevé.

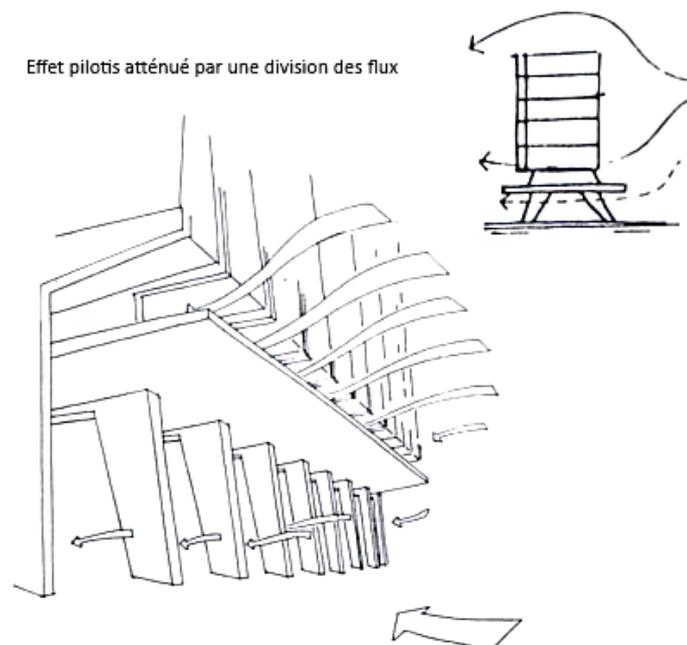


Source : Chatelet et al., 1998.

Fig. 39.2 – Effet d'un seul trou sous un immeuble.

Zone affectée par l'anomalie : l'entrée de l'air se fait d'une façon diffuse, mais la sortie est localisée en jet.

La zone d'inconfort n'est pas limitée au volume de liaison mais se poursuit en aval, dans la zone du jet, dans un volume du même ordre que celui du trou.

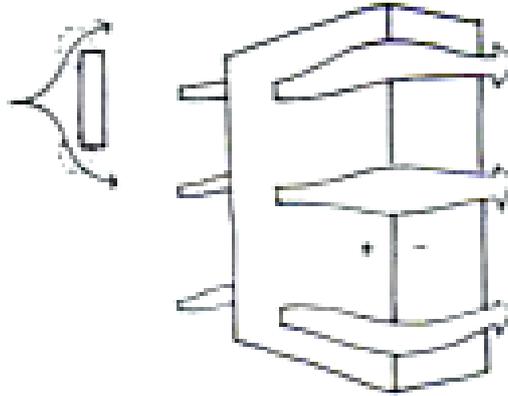


Source : Chatelet et al., 1998.

Fig. 39.3 – Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de trous sous immeubles.

II.8.2 - Effet de coin :

Phénomène d'écoulement aux angles des constructions qui mettent en relation la zone de surpression amont et la zone pression latérale du bâtiment.



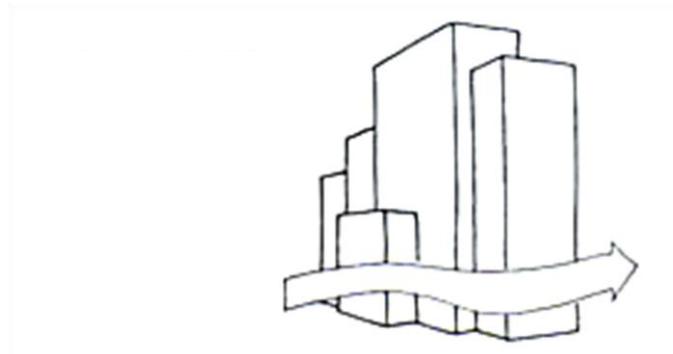
Source : Chatelet et al., 1998.

Fig. 40 – Effet de coin.

Quantification :

Formes isolées.

Ensembles compacts de constructions. Les ensembles compacts, par leurs dimensions vis-à-vis du vent, forment un écran plus important que les formes aérées.



Source : Chatelet et al., 1998.

Fig. 40.1 – Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de coin sur les immeubles.

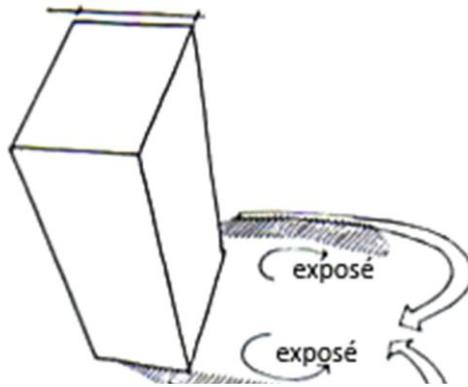
Particularité de l'effet :

Gradient horizontal. En plus de la zone de survitesse locale importante, l'effet conduit à un gradient horizontal très important, particulièrement inconfortable lorsque le piéton le franchit.

II.8.3 - Effet de sillage :

Définition :

Circulation fluide tourbillonnaire en aval des formes.



Source : Chatelet et al., 1998.

Fig. 41 – Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de sillage sur les immeubles.

Quantification et domaine affecté par l'effet :

Le sillage intègre l'effet de coin. Ce dernier fournit les niveaux d'inconfort les plus élevés (survitesse très forte) : il est traité par ailleurs. Nous nous intéresserons plutôt au domaine où la gêne est essentiellement liée à la turbulence.

- Formes parallélépipédiques : l'importance du sillage est fonction du maître couple offert au vent incident; la persistance de l'effet de sillage est d'environ quatre fois la hauteur du bâtiment pour $15 \text{ m} \leq \bar{h} \leq 35 \text{ m}$. La zone particulièrement exposée s'étend sur une aire : $h \times 2e$ de chaque côté de la forme.

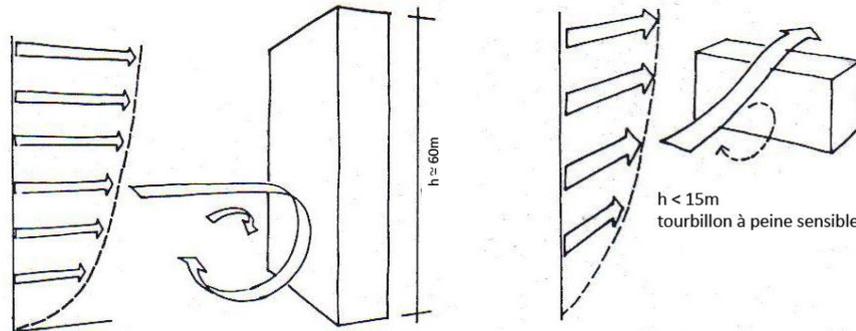
Lorsqu'on pénètre dans les zones tourbillonnaires de l'extérieur vers l'intérieur, les niveaux de survitesse décroissent considérablement.

- Immeuble tour ($45 < h < 100 \text{ m}$). Le sillage a une forme caractéristique de «sabot de cheval». La zone particulièrement affectée s'étend sur une aire $h \times 2e$ des deux côtés de la forme.

II.8.4 - Rouleau tourbillonnaire au pied des immeubles :

Définition :

Rouleau tourbillonnaire au pied de la face au vent.



Source : Chatelet et al., 1998.

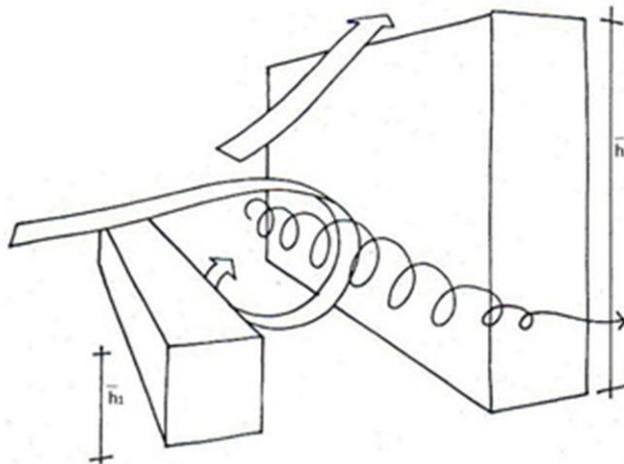
Fig. 42 – Effet du rouleau tourbillonnaire.

Condition d'existence : Conditionné par le gradient vertical de vitesse moyenne du vent, la hauteur du bâtiment doit être supérieure à 15m.

Quantification :

Pour une incidence ou $h \approx 60\text{m}$. Cette anomalie est particulièrement désagréable en raison des directions verticales que peut avoir l'écoulement dans le tourbillon.

Association critique (ou effet Wise) :



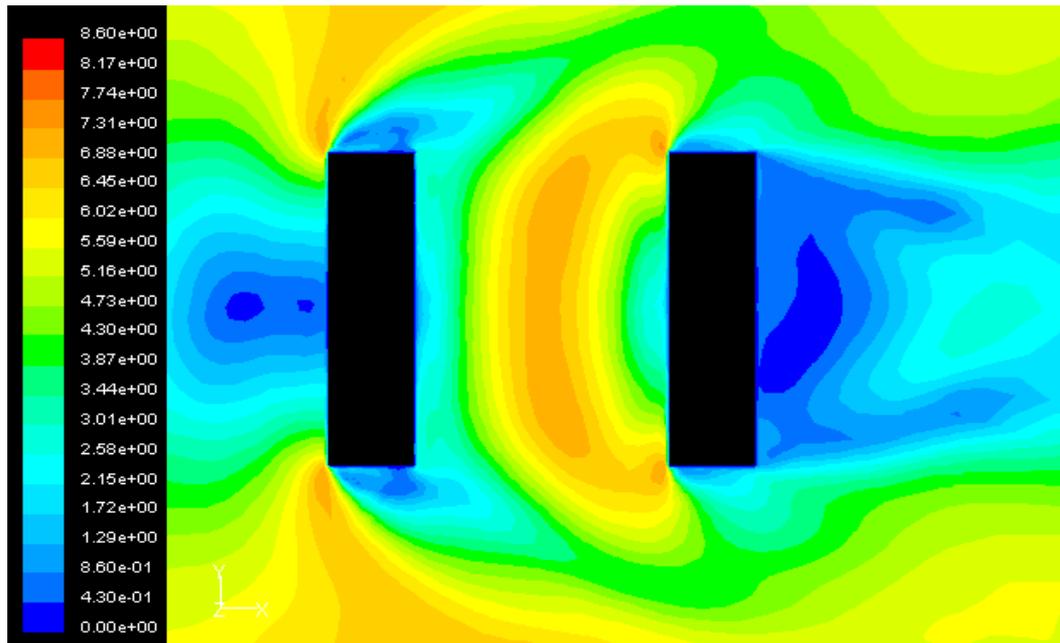
Source : Chatelet et al., 1998.

Fig. 42.1 – Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de rouleau tourbillonnaire
Au pied des immeubles.

Il s'agit d'un rouleau tourbillonnaire qui apparaît devant un bâtiment élevé lorsque celui-ci est précédé d'un petit bâtiment.

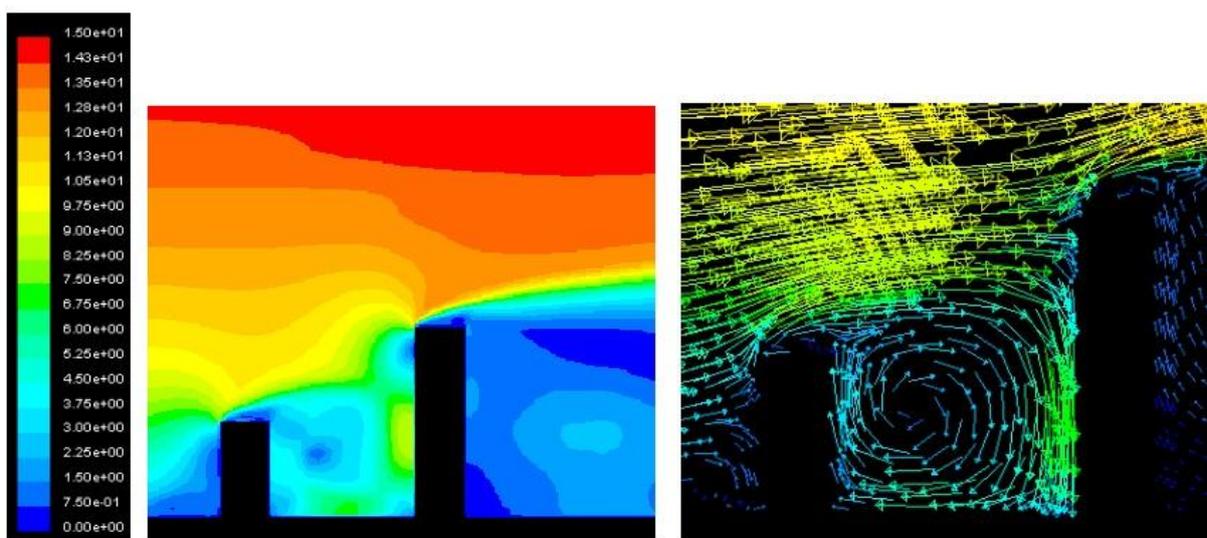
L'effet est renforcé par la présence d'un bâtiment bas (10 à 15m) amont.

Pour un bâtiment de 24m de haut, 48m de long et 12m de large, suivi à une distance de 36m d'un bâtiment élevé de 48m de haut, on voit graphiquement la répartition des survitesses en plan à 1.5m du sol. Une zone d'accélération de l'air au niveau piéton est bien visible entre les deux bâtiments : il s'agit de l'effet Wise.



Source : <http://www.ulg.ac.be>

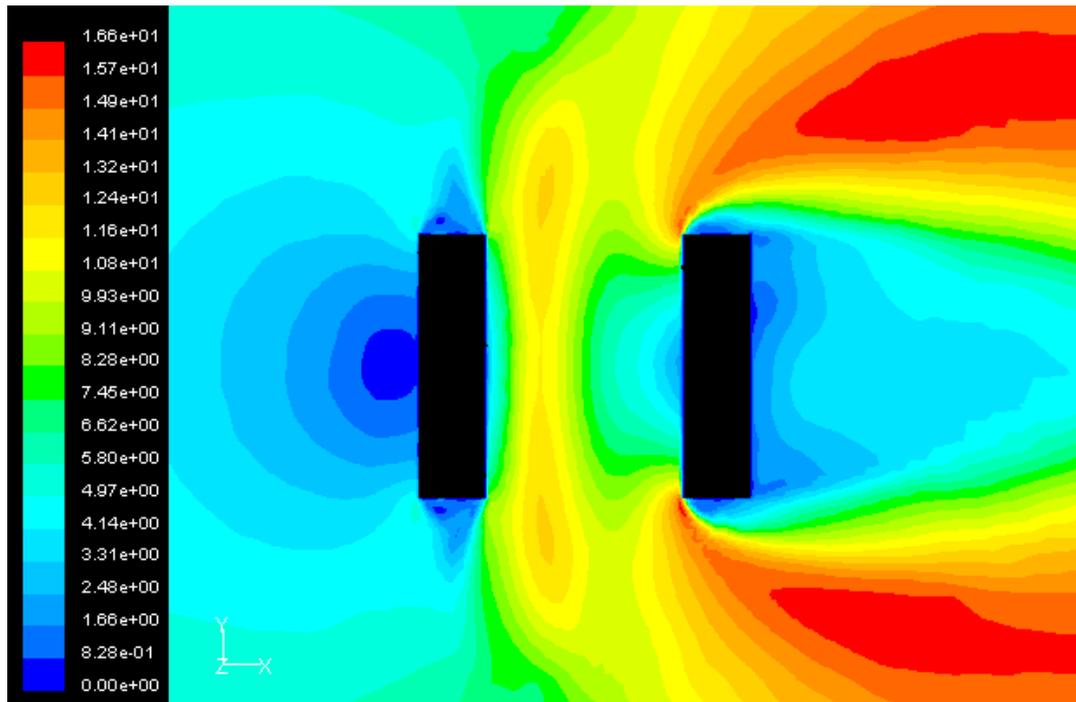
Fig. 43– Plan des survitesses à 1.5 m de haut.



Source : <http://www.ulg.ac.be>

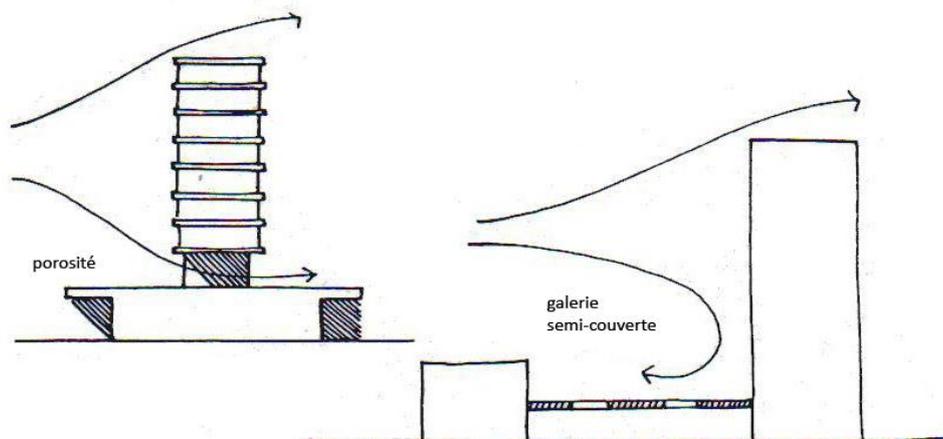
Fig. 44. – Courbes iso-vitesses et vecteurs de la vitesse de l'air au niveau de l'effet Wise.

Pour les bâtiments très élevés, l'effet Wise s'étend largement de part et d'autre du groupe de bâtiments. Ainsi, le résultat de simulation ci-dessous montre l'étalement de l'effet Wise sur une longueur environ égale à $2L$ c'est-à-dire deux fois la longueur des bâtiments pour le cas d'un petit bâtiment de 12m de haut précédant un bâtiment de 192m de haut avec une inter-distance de 36m. Ce graphe montre aussi que la zone où l'effet Wise est le plus prononcé se trouve aux extrémités de la zone d'inconfort, près des bords des bâtiments.



Source : <http://www.ulg.ac.be>

Fig. 45– Plan des survitesses à 1.5 m de haut.



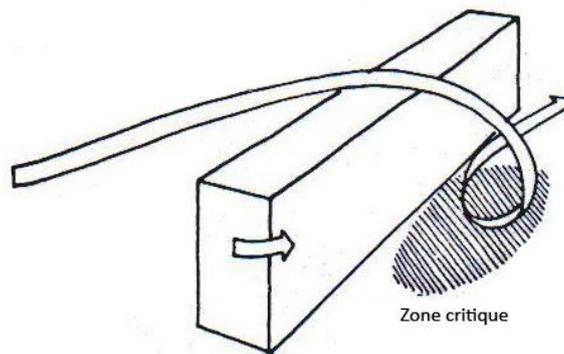
Source : Chatelet et al., 1998.

Fig.46 – Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de rouleau tourbillonnaire
Au pied des immeubles.

II.8.5 - Effet de barre :

Définition :

Déviation en vrille de l'écoulement au passage d'une barre pour une incidence voisine de 45° .



Source : Chatelet et al., 1998.

Fig.47 – Effet de barre.

La zone critique est située au « centre arrière » de la barre.

Condition d'existence du phénomène :

Le phénomène existe si la géométrie de la barre est la suivante :

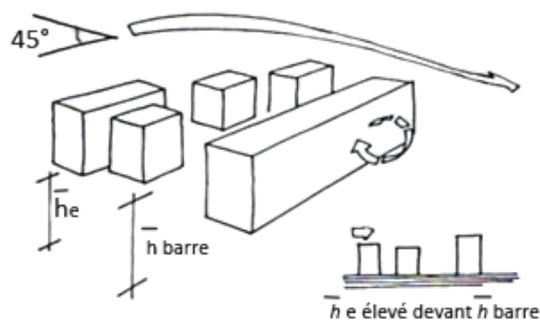
Hauteur moyenne $h > 25m$.

Longueur minimum de la barre : $L > 8h$.

Les espacements entre les constructions inférieures ou égales à h .

L'influence de l'environnement proche est prépondérante.

Environnement proche de hauteur moyenne \bar{h}_e faible devant la barre est atténuée.



Source : Chatelet et al., 1998.

Fig.47.1 – Représentation montrant les conditions d'existence de l'effet de barre.

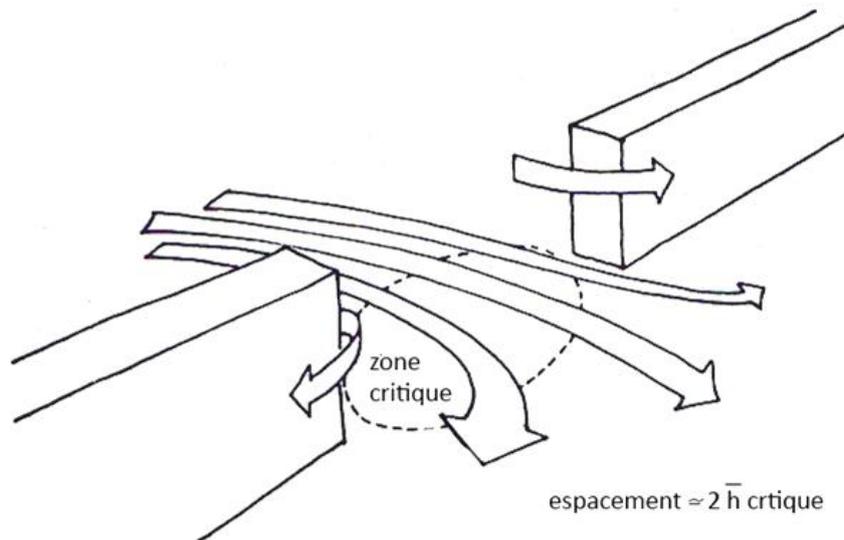
L'environnement proche est une barre parallèle : seul l'effet de barre se conserve sur la première barre au vent.

Environnement proche de hauteur moyenne \bar{h}_c du même ordre que celle de la barre : l'effet n'existe plus.

Particularités :

Ouverture dans les barres ou espacement d'une barre à l'autre.

Les ouvertures dans les barres sont zones d'écoulements et il existe une dimension critique où le phénomène est amplifié. Espacement critique $\approx 2 \bar{h}$.



Source : Chatelet et al., 1998.

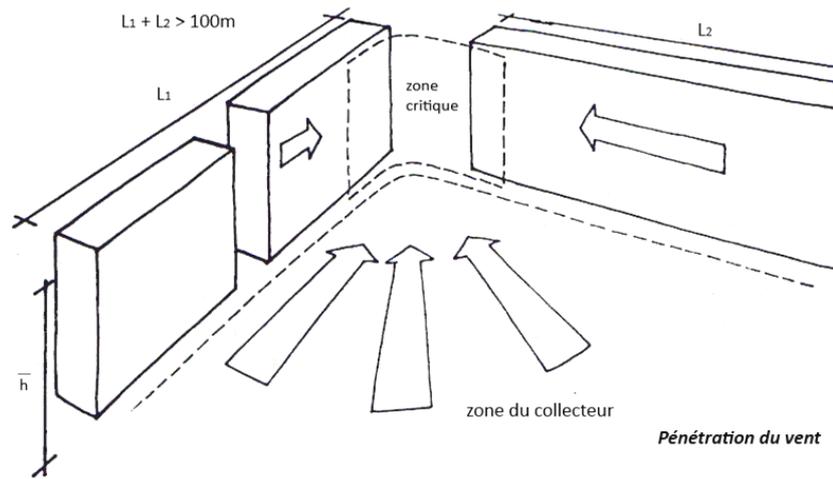
Fig.47.2 – Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de barre sur le cadre bâti.

En conséquence, au niveau des ouvertures dans les ensembles bâtis, des espacements inférieurs à \bar{h} (laminage trop important, donc pas de débit notoire) ou nettement supérieurs à $2\bar{h}$ (pas d'accélération) sont recommandés.

II.8.6 - Effet de venturi :

Définition :

Phénomène de collecteur formé par des constructions dessinant un angle ouvert au vent. La zone critique pour le confort se situe à l'étranglement.



Source : Chatelet et al., 1998.

Fig. 48 – Effet Venturi.

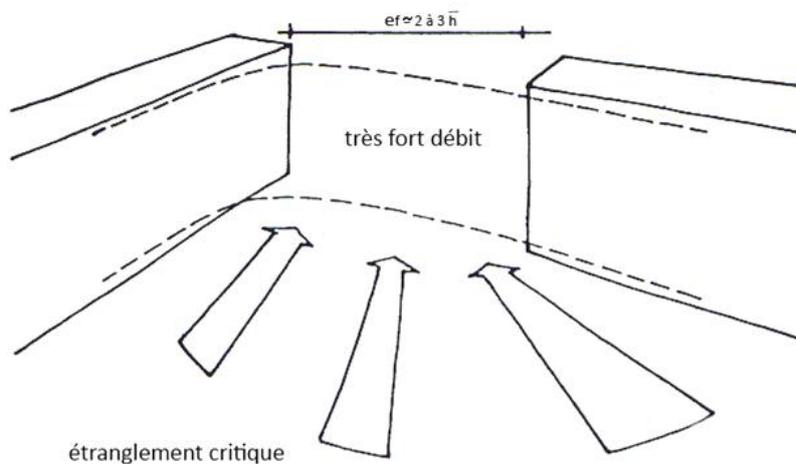
Condition d'existence :

Hauteur moyenne des bras $h > 15\text{m}$. Longueur minimale des bras pour un angle aigu ou droit entre ceux-ci : $l_1 + l_2 > 100\text{m}$, l'entonnoir ne collecte pas suffisamment le flux. Direction du vent grossièrement axé sur la bissectrice de l'angle des bras. Environnement proche amont et aval « libre » de toutes constructions sur une superficie du même ordre que celle occupée par le collecteur.

La projection de la largeur du « trou » orthogonalement à la direction du vent ne doit pas être inférieure à $h/2$ ou supérieure à $4h$.

Quantification du phénomène :

Pour une largeur effective de l'étranglement de l'ordre de 2 à 3 fois la hauteur moyenne, le débit est maximum : $si \approx h \text{ à } 45\text{m}$.

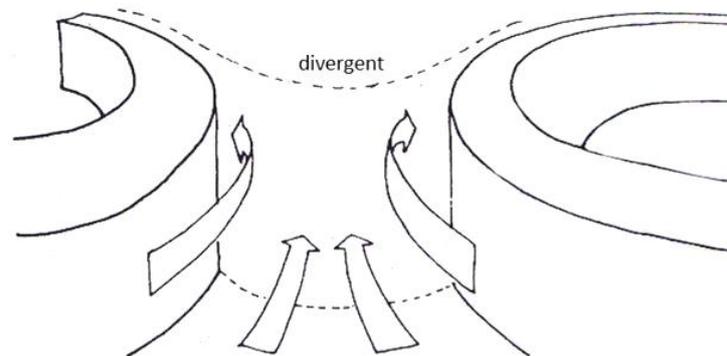


Source : Chatelet et al., 1998.

Fig. 48.1 – Effet Venturi avec un étranglement 2 à 3 fois la hauteur moyenne.

Venturi particuliers :

Le venturi à formes courbes ou prolongées d'un divergent conduit à de véritables tuyères aérodynamiques. L'effet de survitesse est violemment amplifié.



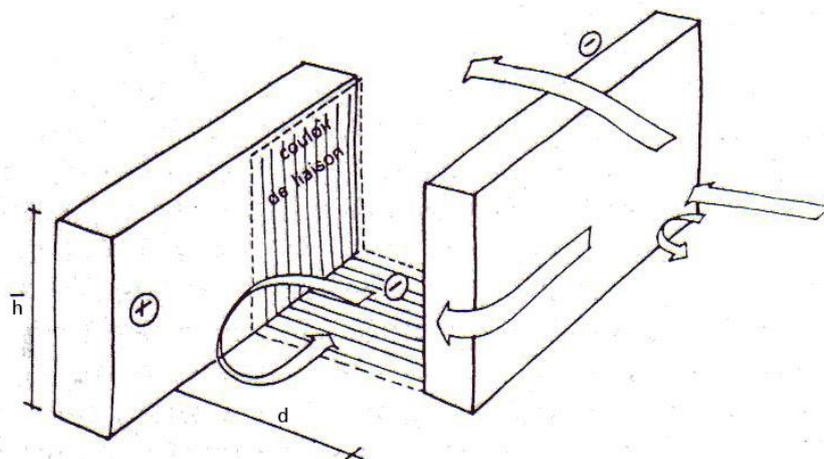
Source : Chatelet et al., 1998.

Fig. 48.2 – Synthèse typologique et caractérisation de l'effet venturi sur le cadre bâti.

II.8.7 - Effet de liaison de zones de pression différente :

Définition :

Phénomène d'écoulement entre les zones de pression différente (sens des pressions décroissantes) formé par des bâtiments placés en quinconce sous une incidence voisine de la normale.



Source : Chatelet et al., 1998.

Fig. 49 – Effet de liaison de zones de pression différente.

L'anomalie affecte tout le couloir de liaison.

Conditions d'existence :

Hauteur moyenne maximum $\bar{h} = 15\text{m}$. Couloir de liaison bien défini et pas trop large : $d \leq \bar{h}$.

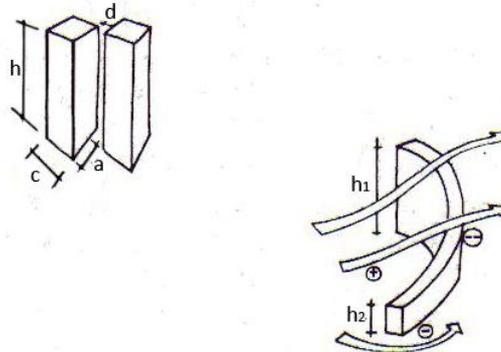
- $d > \bar{h}$, comportement pratiquement individuel des formes.
- Si couloir de liaison mal défini (porosité ou élément obturateur), pas de phénomène.

L'air au vent « non commune » aux bâtiments suffisante : $a \geq \bar{h}$.

Quantification du phénomène :

Influence prépondérante de la hauteur.

Cas des tours de grande hauteur $h = 100\text{m}$.



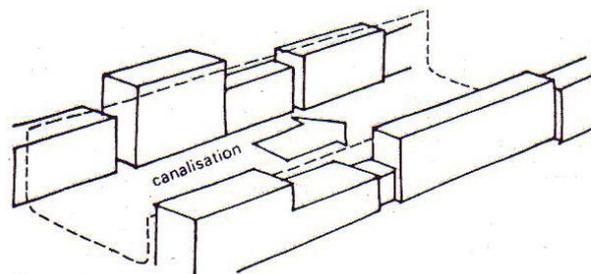
Source : Chatelet et al., 1998.

Fig. 49.1 – Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de liaison de zones de pression différente.

II.8.8 - Effet de canalisation :

Définition :

Ensemble construit formant un couloir à ciel ouvert.



Source : Chatelet et al., 1998.

Fig. 50 – Effet de canalisation.

Une canalisation n'est pas une cause de gêne en soi. Elle n'agit que si elle est associée à une anomalie aérodynamique qu'elle transmet sur toute sa longueur, exemple : association canalisation-Venturi.

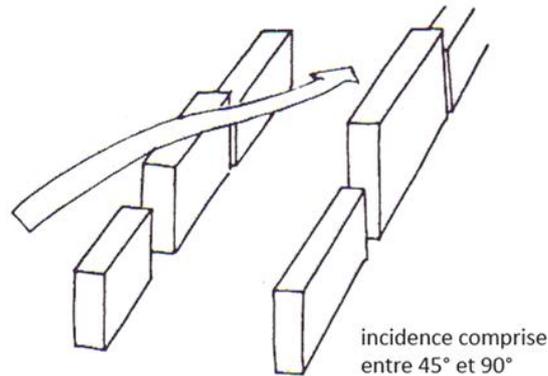
Condition d'existence :

Le couloir est constitué de parois peu poreuses : espacement égal ou inférieur à l'épaisseur des bâtiments. Pour une porosité supérieure à 5%, le couloir ne fonctionne pas. La largeur du couloir reste inférieure à $2\bar{h}$. Pour une largeur $> 3\bar{h}$, pas de guidage du flux (le phénomène de canalisation s'estompe). Hauteur minimum des bras $\bar{h} \geq 6\text{m}$.

Cas particulier :

La rue ou le « couloir isolé ». Rue parallèle au vent : pas de protection ni d'inconfort.

Rue à 45° ou orthogonale au vent. Dans une optique de recherche de confort, il y a intérêt à présenter les rues sous une incidence comprise entre 45° et 90°, mais attention à l'effet de barre dans l'incidence à 45°.



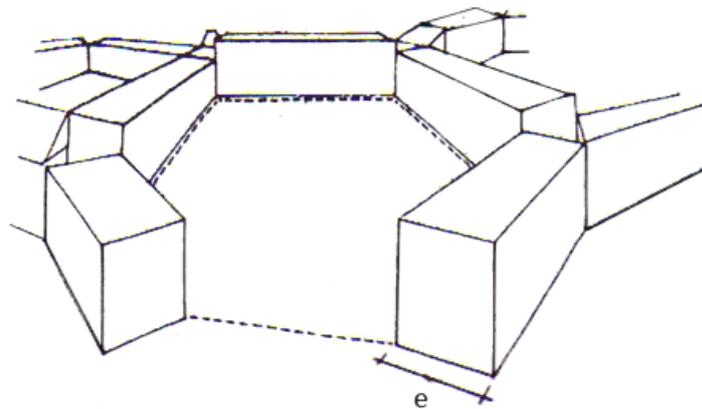
Source : Chatelet et al., 1998.

Fig. 50.1 – Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de canalisation.

II.8.9 - Effet de maille :

Définition :

Juxtaposition de bâtiments qui forment alvéole ou poche.



Source : Chatelet et al., 1998.

Fig. 51 – Effet de maille.

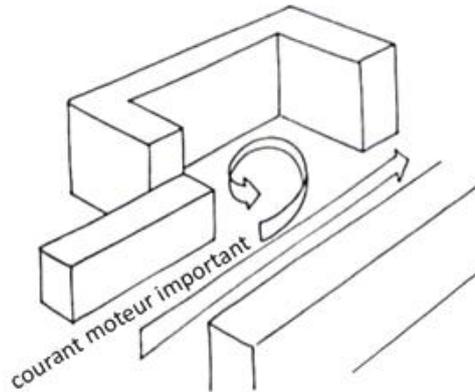
Conditions d'existence :

La hauteur moyenne \bar{h} > à l'épaisseur. L'ouverture ne représente pas plus de 0,25 du périmètre de la maille.

Quantification de l'effet :

Paramètre de quantification. Une maille va, suivant ses dimensions, être franchie

globalement (zone abritée alors) ou, compte tenu de sa faible hauteur moyenne h ou de sa superficie S , être pénétrée par le vent qui retombe dans la maille.
Influence de la hauteur et de l'orientation du vent (vis-à-vis de l'ouverture).



Source : Chatelet et al., 1998.

Fig. 51.1 – Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de maille.

Rotation globale de l'air dans la maille.

Configuration des mailles	Normalisation et recommandations
$h \approx 10m$ ouverture > 3h	$\bar{h} \approx 10m$ Ouverture $\geq 3h$ Maille exposée pour toutes les orientations de vent.
$15 \text{ à } 25m$	$\bar{h} \approx 15 \text{ à } 25m$ pour toute direction de vent tant que $\frac{S}{h_2} < 10$ effet de protection. $\bar{h} \approx 35m$: le confort est fonction de l'incidence.
	Maille fermée Si $\frac{S}{h_2} < 30$ Excellente protection
	Maille ouverte, Si $\frac{S}{h_2} < 20$ Protection dans 0,75% de la surface (« l'embouchure » n'est pas protégée).
	Maille à 45°, pour $\frac{S}{h_2} < 20$ Il y a rotation intérieure de l'air.
	Maille « parallèle » Phénomène identique au précédent (maille 45°) mais tant que : $\frac{S}{h_2} < 20$

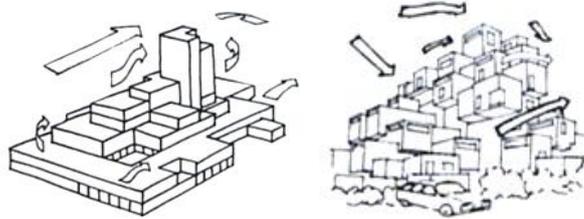
Source : Chatelet et al., 1998.

Tab 07 – Approche typo-morphologique et normative de l'effet de maille.

II.8.10 - Effet de la pyramide :

Définition :

Groupement de construction à décrochement et à caractère pyramidal.



Source : Chatelet et al., 1998.

Fig. 52– Synthèse typologique et caractérisation de l'effet de la pyramide.

Quantification du champ de vitesse au pied de ces structures et sur les différentes terrasses.

Ce mode de constructions dissipe le maximum d'énergie du vent dans tous les azimuts :

- Les survitesses sont faibles $\frac{\bar{U}}{\bar{U}_r} < 1$;
- Les turbulences assez élevées $I \approx 0,4$;

Les secteurs critiques sont :

- Les coins « globaux » de la pyramide.
- Les balcons ou loggias au vent et au voisinage des crêtes.

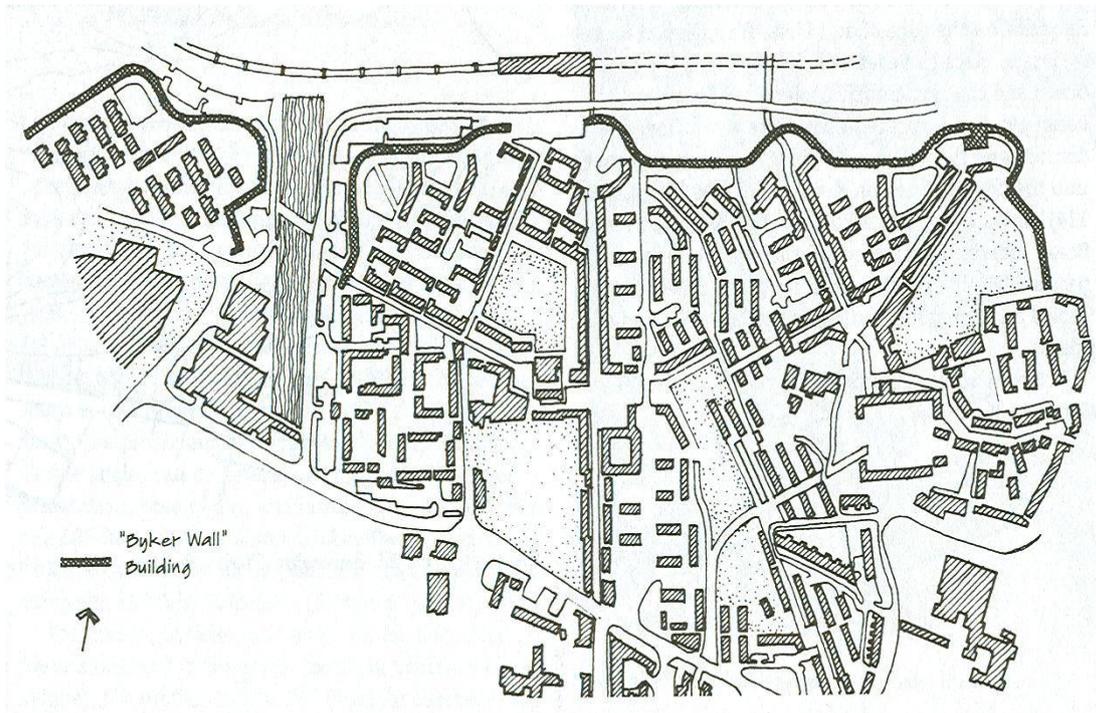
II.8.11 - L'effet d'écran linéaire :

Les études ont montré qu'un bâtiment long et continu placé comme façade au vent par rapport à une zone urbaine peut réduire les vitesses de vent entre les bâtiments de ce quartier jusqu'à 15% dans la direction du vent obstruée⁴².

Exemple: Ainsi, le « Byker Redevelopment », à Newcastle upon Tyne, en Angleterre, conçu par Ralph Erskine, est situé sur une pente faisant face au sud-ouest avec une vue vers le centre-ville de Newcatle. Erskine a protégé ce quartier du vent en créant de longs rubans bâtis fermant le quartier aux vents d'orientation nord. Cette longue bande de bâtiments étroits bloque le vent venant de la mer du Nord et isole en même temps le centre de la communauté du bruit généré par le train et le trafic automobile⁴³.

⁴² Givoni 1969

⁴³ Brown et De Kay 2001 à partir de Collymore 1994, <http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/20354/9/Doc6.pdf>.



Site Plan, Housing at Byker, Newcastle-Upon-Tyne, England, Ralph Erskine

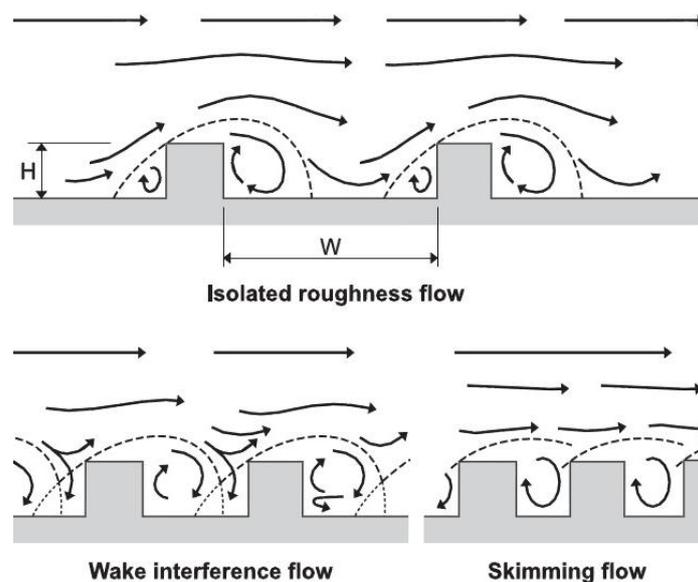
Source : Brown et De Kay 2001

Fig. 53 – Synthèse typologique et caractérisation de l'effet d'écran linéaire.

II.8.12 - Effet canyon :

Définition :

Lorsque les bâtiments sont construits en mitoyens, ils forment des rues qui créent un effet de masque supplémentaire par rapport au vent: l'effet canyon. Pour que cet effet existe, il faut toutefois que la distance entre les deux côtés de la rue ne soit pas trop élevée.

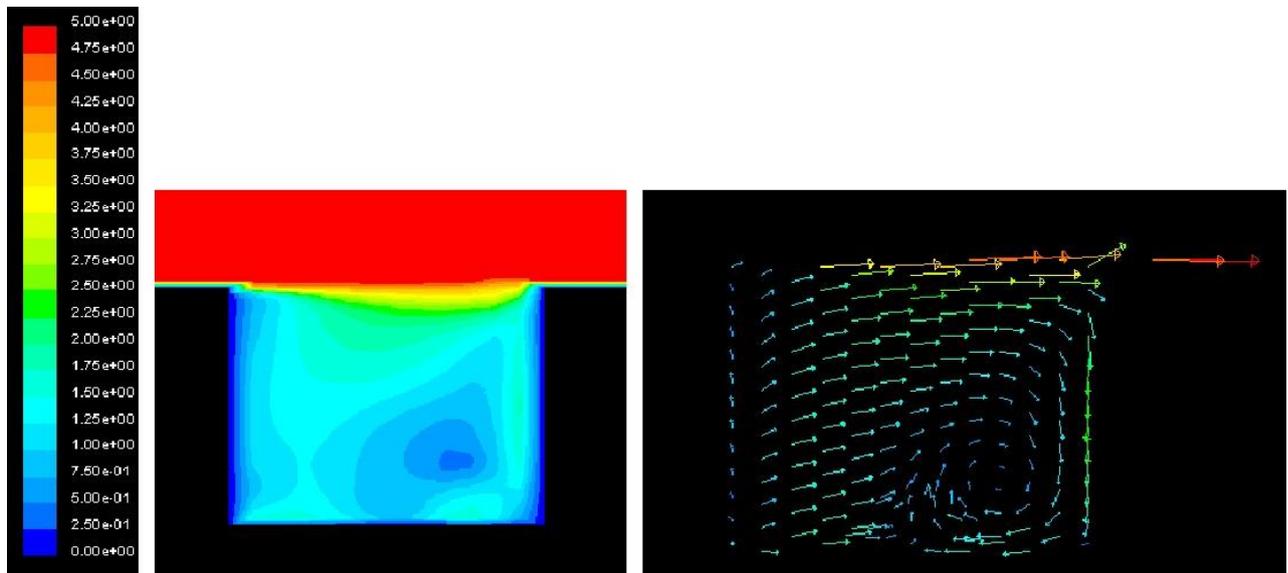


Source : <http://www.ulg.ac.be>

Fig. 54 – Effet canyon.

L'air dans un espace canyon est en général très calme, il en résulte de cette situation qu'un espace de type « canyon » connaît des températures stables, avec des échauffements et des refroidissements limités (faibles amplitudes). Dans les climats arides et semi arides, Le confort est souvent obtenu en été, sauf en cas de températures météo très élevées accompagnées d'un vent fort, et très temporairement lorsque le rayonnement solaire pénètre dans le canyon. Les possibilités de ventilation par vent faible sont extrêmement limitées. Ces espaces sont en permanence dans l'ombre en hiver sauf lorsque le soleil se présente dans l'axe du canyon⁴⁴.

Les coupes ci-dessous présentent les résultats obtenus à l'aide de FLUENT des mouvements d'air dans un canyon perpendiculaire au vent. Les bâtiments ont 19m de haut et la largeur des rues est de 25m. Le premier graphique donne les courbes iso-vitesses et le second les vecteurs-vitesses.



Source : <http://www.ulg.ac.be>

Fig. 55.- Effet canyon : courbes iso-vitesses et vecteurs-vitesses en coupe perpendiculaire au vent.

⁴⁴ BENADJI, Amar. *Adaptation climatique ou culturelle en zones arides : cas du Sud-Est Algérien*. Thèse de Doctorat. Université de d'Aix-Marseille1.1999.p107

Conclusion :

Le vent constitue un paramètre bioclimatique complexe à saisir, pour des raisons naturelles et aérodynamiques diversifiées. Son influence sur les écosystèmes terrestres est tributaire de la typologie climatique de la circulation des masses d'air atmosphériques et de la rugosité du sol.

L'étude de la nature des écoulements aérauliques en milieu urbain démontrent qu'il est quasiment incertain de se hasarder à tout acte de conception, sans des prédispositions scientifiques et techniques en mécanique des fluides, faisant valoir toute réussite ou non de ce dernier.

Il en découle que la maîtrise de la dimension bioclimatique en premier lieu, et du vent en particulier, caractérise par les résultats de l'îlot de chaleur, le degré de confort et d'inconfort à différentes échelles de la ville, et plus spécifiquement à l'échelle microclimatique.

Chapitre III–La démarche bioclimatique dans l’analyse du site
d’étude :Ain – El Bey / la ville de CONSTANTINE:

Introduction :

La prise en compte du climat au cours de toute conception architecturale ou urbanistique est très importante. Le concepteur, architecte ou urbaniste est appelé à lier les dimensions techniques et esthétiques à une autre dimension qui semble cruciale à son tour qui est « la dimension climatique », cette dernière ne cesse de faire fiasco dans les grands débats d'actualité sur la scène internationale et nationale afin de construire avec l'environnement et le climat pour un environnement durable.

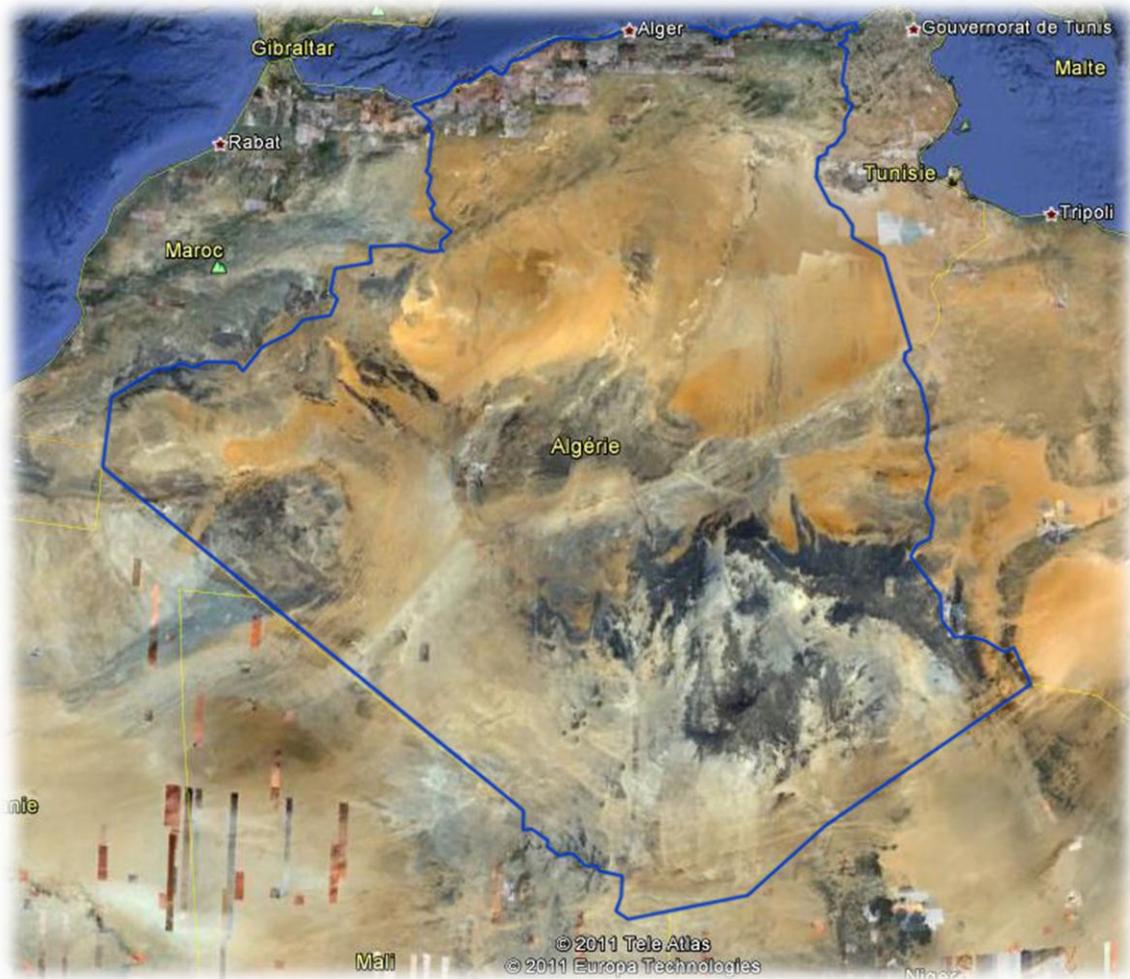
L'Algérie de par sa situation géographique et ces différents climats du méditerranéen au saharien en passant par le Tellien, représente un véritable défi face au changement climatique et à l'adaptation et la conservation des microclimats, aussi le boom économique de notre jeune pays a fait que les villes se construisent plus vite et partout à l'échelle nationale se qui pourrait remettre en cause la qualité de ces derniers sur le concept de « ville durable ».

Le concept «bioclimatique » fait référence à la bioclimatologie qui est une partie de l'écologie qui étudie plus particulièrement les relations entre les êtres vivants et le climat d'où une définition générale de l'architecture bioclimatique se découle de cela. Cette expression vise principalement l'amélioration du confort qu'un espace bâti peut induire de manière « naturelle » c'est à dire en minimisant le recours aux énergies non renouvelables. « L'intérêt du Bioclimatique va donc du plaisir d'habiter ou d'utiliser un espace ». (Izard et Guyot, 1979).

Dans le but d'une meilleure compréhension de la façon optimale d'utilisation des paramètres climatiques dans la création architecturale et urbaine, et vu que cette recherche a prévu comme cas d'étude celui d'un site situé à la nouvelle ville Ali Mendjeli de Constantine qui sera concernée par une démarche expérimentale en utilisant le logiciel de CFD PHOENICS dans le prochain chapitre, il nous a semblé plus judicieux de consacrer ce présent chapitre d'abord à un bref aperçu sur la nature des différents climats en Algérie et à une analyse climatique de la nouvelle ville Ali Mendjeli de Constantine.

III.1 Climat en Algérie :

L'Algérie est un pays situé dans le nord de l'Afrique, il occupe un vaste territoire d'une superficie de 2.381.741 Km², compris entre 18° et 38° de latitude Nord, et entre 9° de longitude Ouest et 12° de longitude Est (voir figure 56).



Source : Google Earth 6.1.0.5001

Fig. 56 – Carte d'Algérie

Aux limites subtropicales des latitudes moyennes, il y a des zones dans lesquelles le climat est caractérisé par des hivers pluvieux et doux, et des étés chauds et secs. Ce type de régime climatique, connu comme le climat Méditerranéen.

Le Nord de l'Algérie tire la clémence de ses hivers et la douceur de ses étés de sa position privilégiée. Située à une latitude à cheval entre les régions tempérées et celles désertiques, son climat méditerranéen se caractérise par la présence de la chaîne montagneuse de l'atlas tellien sur son flanc sud et de la mer méditerranée au nord dont les eaux restent plus aux moins chaudes toute l'année.

L'atlas tellien, une chaîne de montagne qui s'étend parallèlement à la mer méditerranée, du Maroc à la Tunisie, protège la région du littoral côtier des remontées d'air sec et chaud du Sahara.

L'air saharien arrive parfois à traverser ces montagnes pour s'étendre vers le littoral. Subissant l'effet de fœhn, cet air s'assèche et se réchauffe sous le vent engendrant les canicules les plus sévères. Des canicules que la proximité de la mer dissipe difficilement par le phénomène de la brise.

Les précipitations sur l'ensemble du territoire se présentent d'une manière assez diverse, d'une part par leurs causes et d'autre part par les quantités recueillies. Elles diminuent d'Est en Ouest et du Nord au Sud.

Le climat des Hauts-Plateaux est aride avec des précipitations faibles et irrégulières, de 200 à 400mm par an. Le Désert du Sahara est aride avec des précipitations annuelles extrêmement faibles, moins que 70mm par an. (source : www.meteo.dz).

A cette vaste étendue territoriale correspond une diversité de zones climatiques qu'on peut classer en deux grandes catégories :1

1. ZONES CLIMATIQUES D'HIVER : (voir figure 57)

- La zone H1 subit l'influence de la proximité de la mer ;
- La zone H2 subit l'influence de l'altitude ;
- La zone H3 subit l'influence de la latitude ;

Ces trois zones sont classées en fonction de l'altitude en 07 sous zones comme suit :

- Sous zone H1a : littoral mer, altitude <500m : Caractérisée par des hivers doux avec des amplitudes faibles.
- Sous zone H1b : arrière littoral montagne, altitude > 500m : caractérisée par des hivers plus froids et plus longs.
- Sous zone H2a : atlas tellien- montagne, 1000 < altitude < 1500m : caractérisée par des hivers froids et un écart de température diurne important.
- Sous zone H2b : atlas saharien-montagne , altitude > 1500m : caractérisée par des hivers encore plus froids.
- Sous zone H3a : présaharien, 500m < altitude < 1000m : caractérisée par des hivers très froids la nuit par rapport au jour. Les écarts de température entre le jour et la nuit sont importants.
- Sous zone H3b : Sahara, 200m < altitude < 500m : caractérisée par des hivers moins froids que la zone H3a avec des écarts de température diurne.

- Sous zone H3c : Hoggar, altitude > 500m : caractérisée par des hivers très froids analogues à la zone H3a, mais qui persiste même durant la journée.

2. ZONES CLIMATIQUES D'ETE : (voir figure 58)

Cinq zones déterminent les zones climatiques d'été :

- La zone E1 subit l'influence de la proximité de la mer ;
- La zone E2 subit l'influence de l'altitude ;
- La zone E3, E4 et E5 subissent l'influence de la latitude ;

Chaque zone a les caractéristiques suivantes :

- La zone E1, littoral : caractérisée par des étés chauds et moins humides. L'écart de température diurne est faible.
- La zone E2, hauts plateaux- montagne : caractérisée par des étés plus chauds et moins humides avec des écarts de température diurne importants.
- La zone E3, pré Sahara – tassili : caractérisée par des étés très chauds et secs mais moins pénibles qu'en zone E4.
- La zone E4, Sahara : caractérisée par des étés secs mais plus chauds et plus secs qu'en zone E3.
- La zone E5, tanegrouft : caractérisée par des étés chauds et secs et extrêmement pénibles par rapport aux zones E3 et E4.

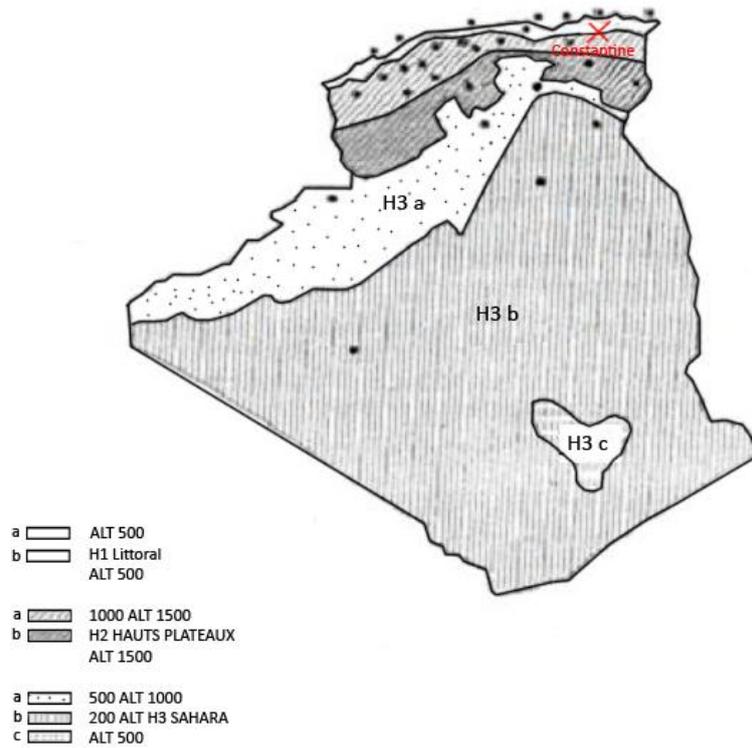
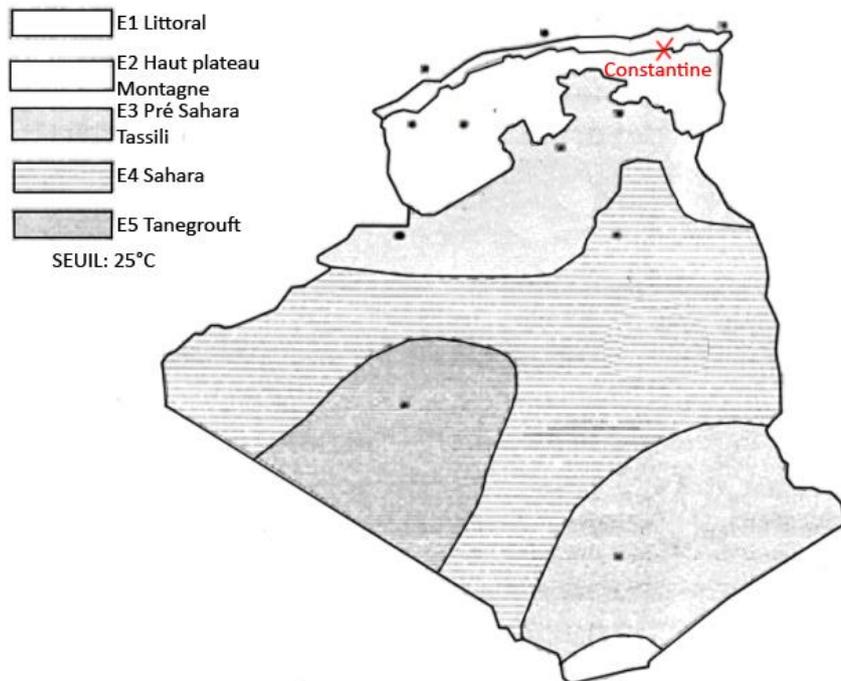


Fig. 57 – Les zones climatiques d’hiver en Algérie
(Source : ENAG,1993)



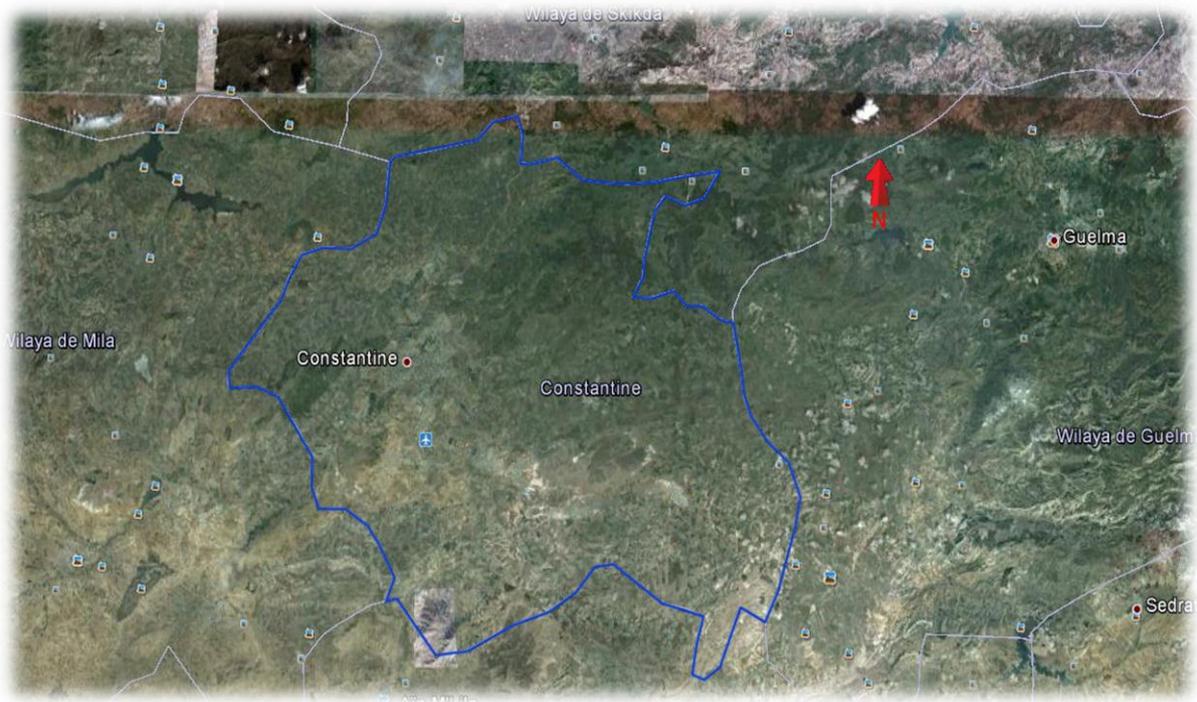
(Source : ENAG,1993)

Fig. 58 – Les zones climatiques d’été en Algérie

III.2 : Analyse climatique de la ville de Constantine :

III.2.1 Situation de la ville de Constantine :

Constantine, ville du Nord Est algérien, située à $36^{\circ},17$ de latitude Nord, et à $7^{\circ},23$ de longitude Est. (voir figure 59). Sa position par rapport aux coordonnées Lambert est de 284 à 289 pour les abscisses et 4024 à 4029 pour les coordonnées.



(Source : Google Earth 6.1.0.5001)

Fig. 59 – Photo satellite de la wilaya de Constantine

III.2.2 Classification climatique :

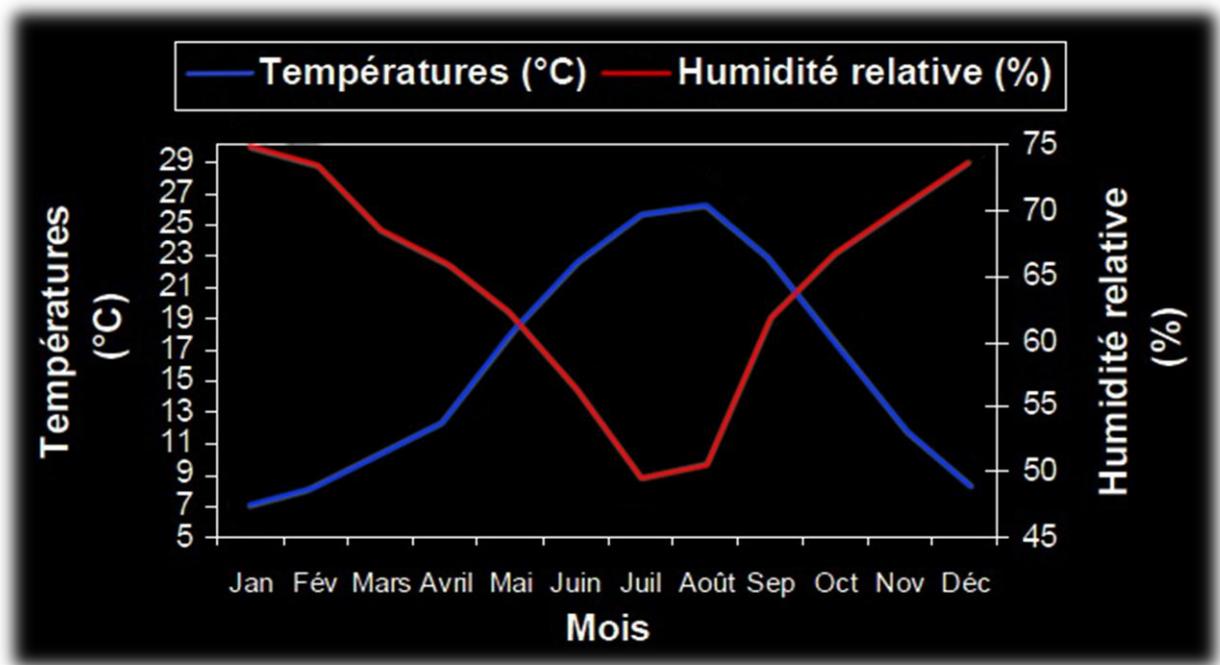
D'après la classification zonale indiquée plus haut, elle est située dans la zone climatique d'hiver H2a (figure 57) et la zone climatique d'été E2 (figure 58) possédant :

- Un été plus chaud, moins humide où l'écart de température diurne est important.
- Un hiver froid et sec avec un écart de température diurne important.

III.2.3 Interprétation des données climatiques :

III.2.3.1 - Humidité relative :

La courbe de l'humidité relative croit 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 (voir figure 60).



Source météo de Constantine Ain el Bey

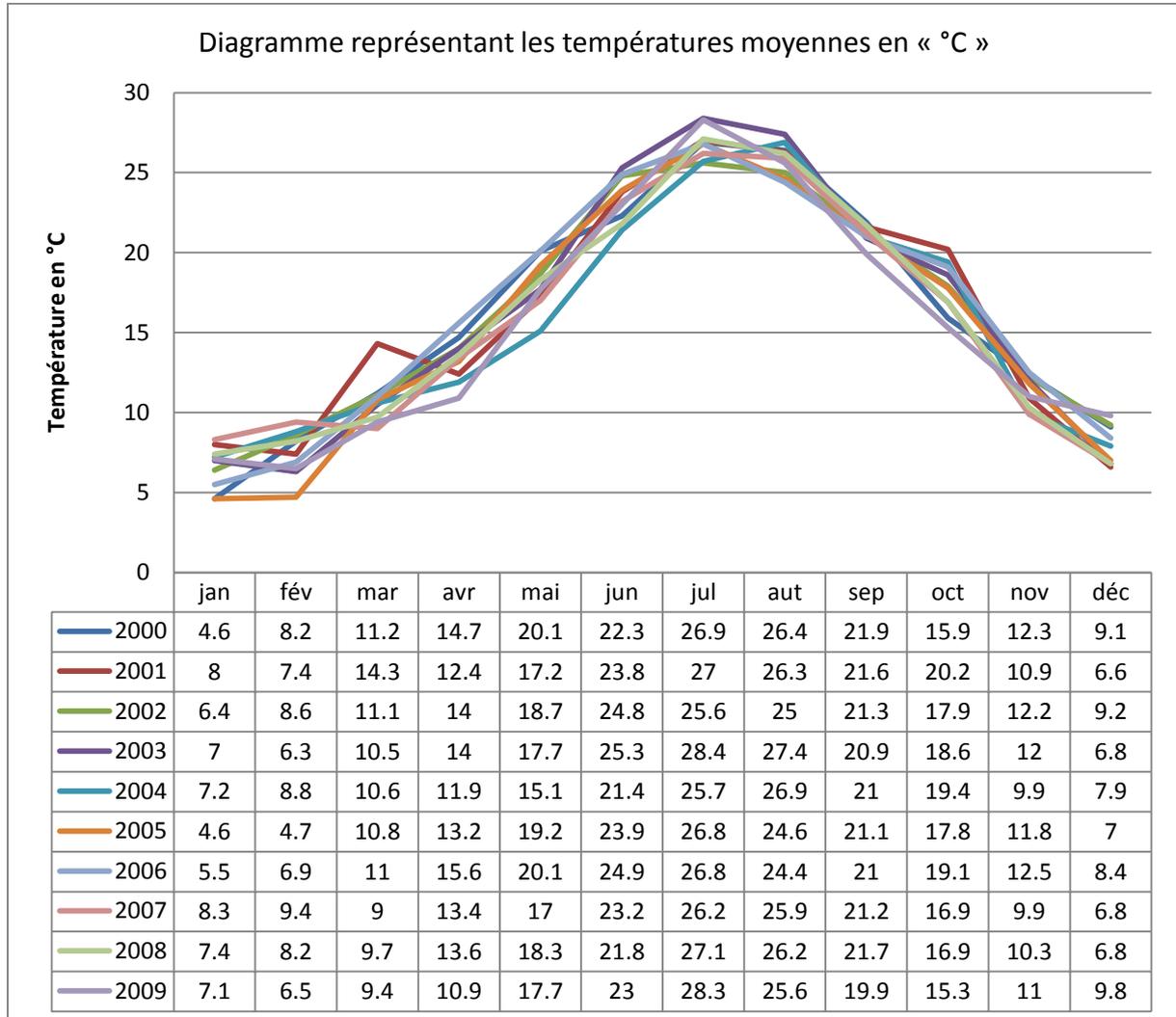
Fig. 60 – Variation moyenne mensuelle de la température et de l'humidité relative de l'air.

III.2.3.2 - Température de l'air :

La température moyenne annuelle est de 26,9°C en Juillet et cela pour le mois le plus chaud et 6,6°C en janvier pour le mois le plus froid (voir figure 61).

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.



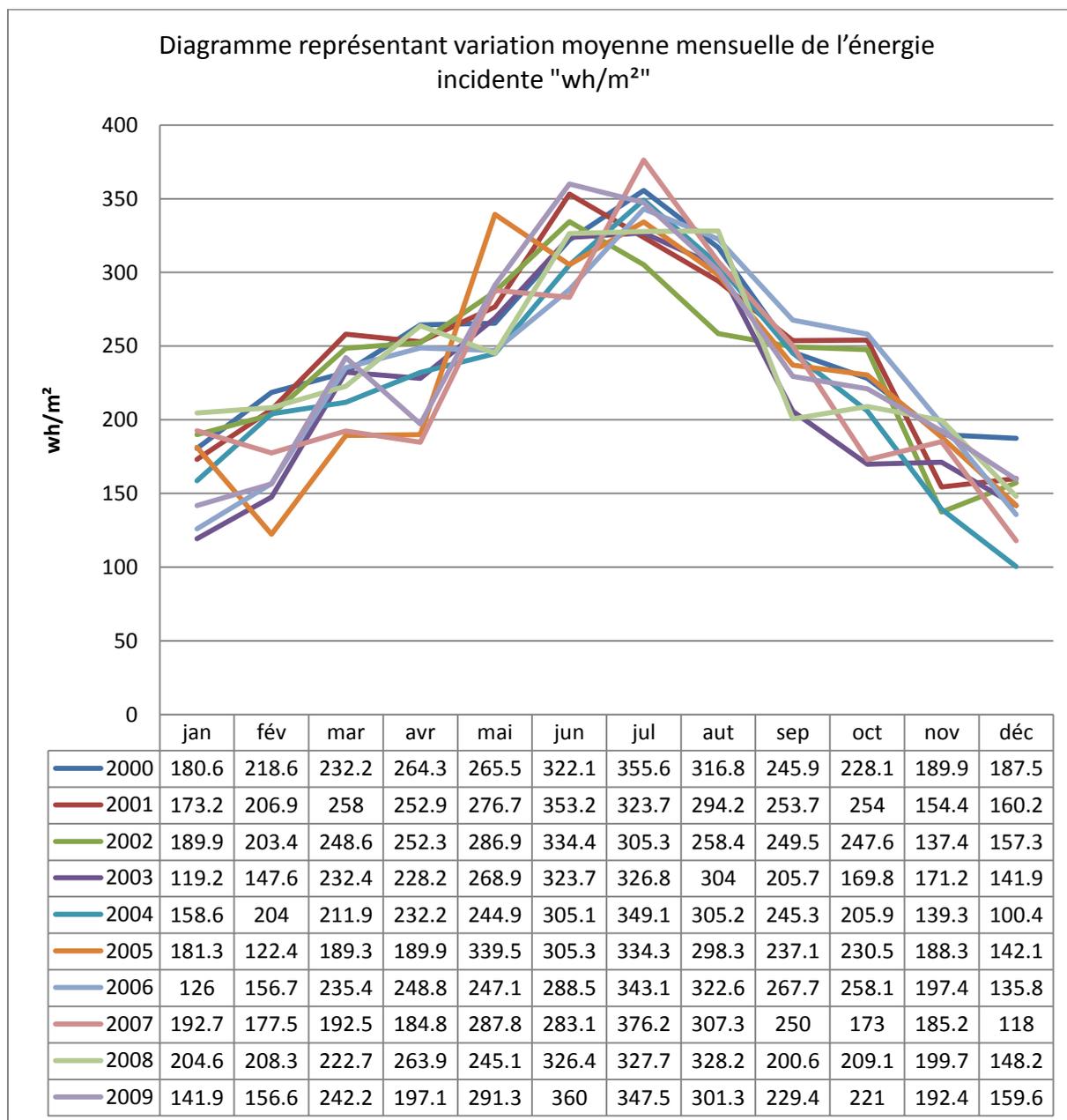
(Source météo de Constantine Ain el Bey)

Fig. 61– Diagramme représentant Les températures moyennes en « °C »

III.2.3.3 - 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 heures par jour, ceci permet de considérer également l'énergie incidente sur le sol qui à son tour n'est pas négligeable.

En été, au mois de juillet la quantité d'énergie incidente sur un plan horizontal est d'une moyenne de 373.3 Wh/m² (voir figure 62).



(Source météo de Constantine Ain el Bey)

Fig. 62 – Variation moyenne mensuelle de l'énergie incidente (wh/m²)

D'après les isothermes présentées (voir figure 62) on constate une relation étroite entre la température moyenne et la période de la journée (l'heure) et de l'année (mois).

D'où on peut déduire trois groupes de zones :

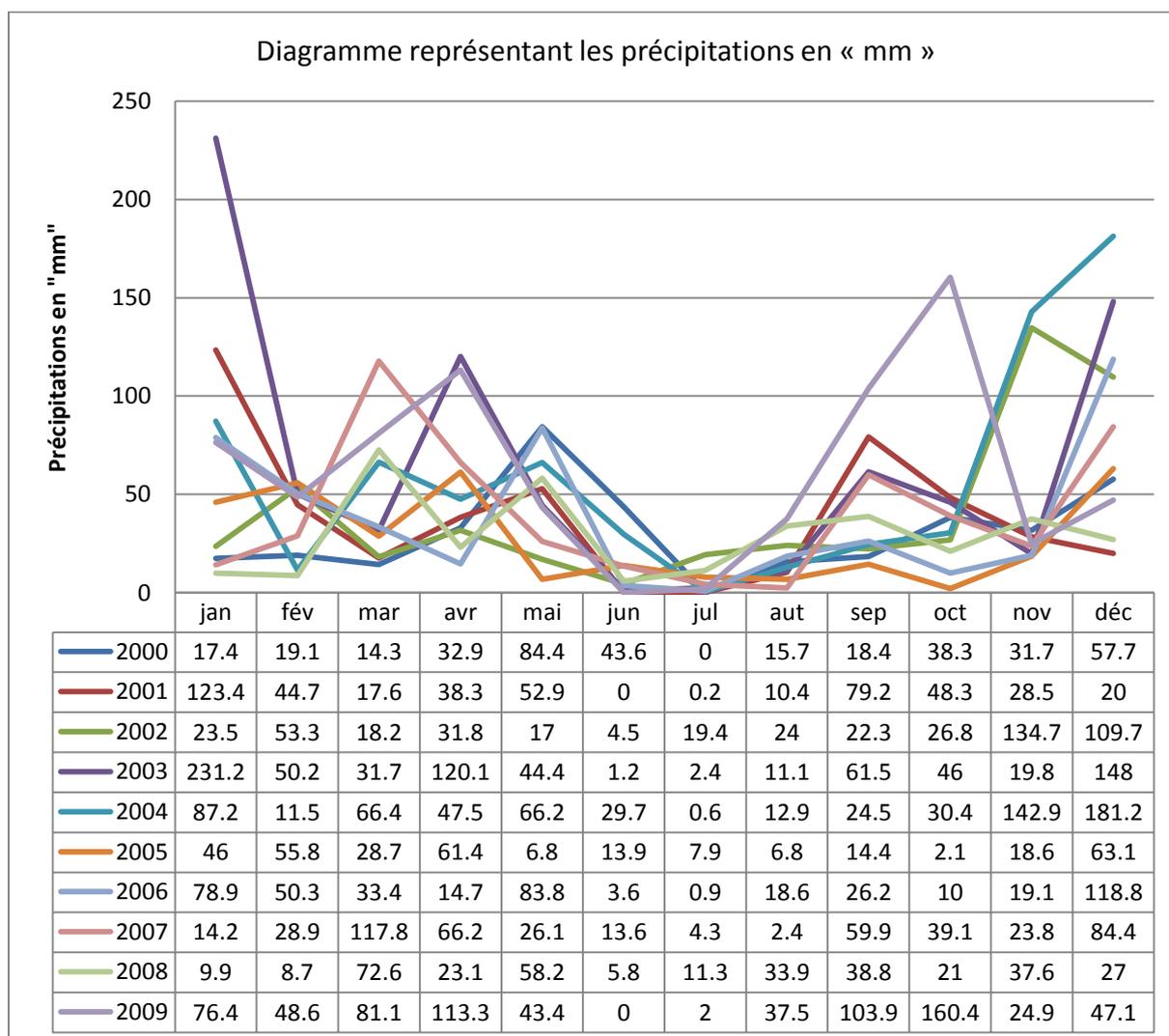
- Une première zone de sous - échauffement qui s'étale du mois de Janvier, février, mars, octobre, novembre et décembre et qui nécessite forcément un chauffage d'appoint.

- Une deuxième zone de confort qui est intermédiaire entre la limite inférieure neutre (20.55 °C) et la limite supérieure neutre (24.55 °C) et qui s'étale du mois de mai et avril. La température dans cette zone et dans les limites de confort.

- Une troisième zone de sur – échauffement (surchauffe) qui s'étale du mois de juin, juillet et août où la température dépasse 25°C et surtout entre 10 H00 et 16H00 dont l'intensité du soleil est forte (nécessitent un contrôle solaire).

III.2.3.4 - Précipitations :

La répartition annuelle des précipitations est marquée par une période courte de sécheresse (trois mois : juin, juillet, août) les précipitations sont très faibles et si elles existent elles tombent sous forme d'orage, le reste paraît plus humide (voir figure 63).

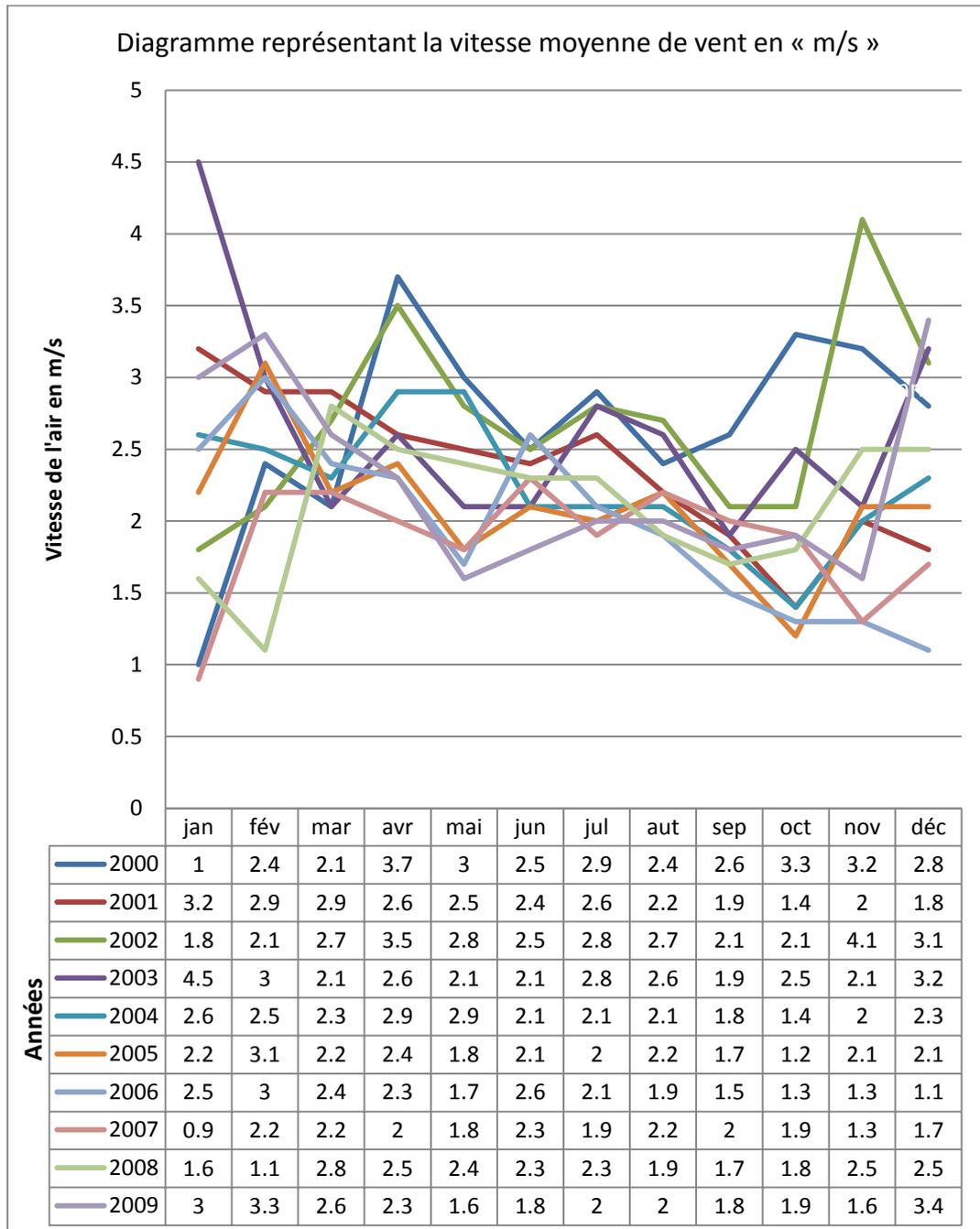


(Source météo de Constantine Ain el Bey)

Fig. 63– Répartition annuelle des précipitations

III.2.3.5 - Vents :

Les vents qui prédominent à Constantine 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 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 (voir figure 66, et figure 68).

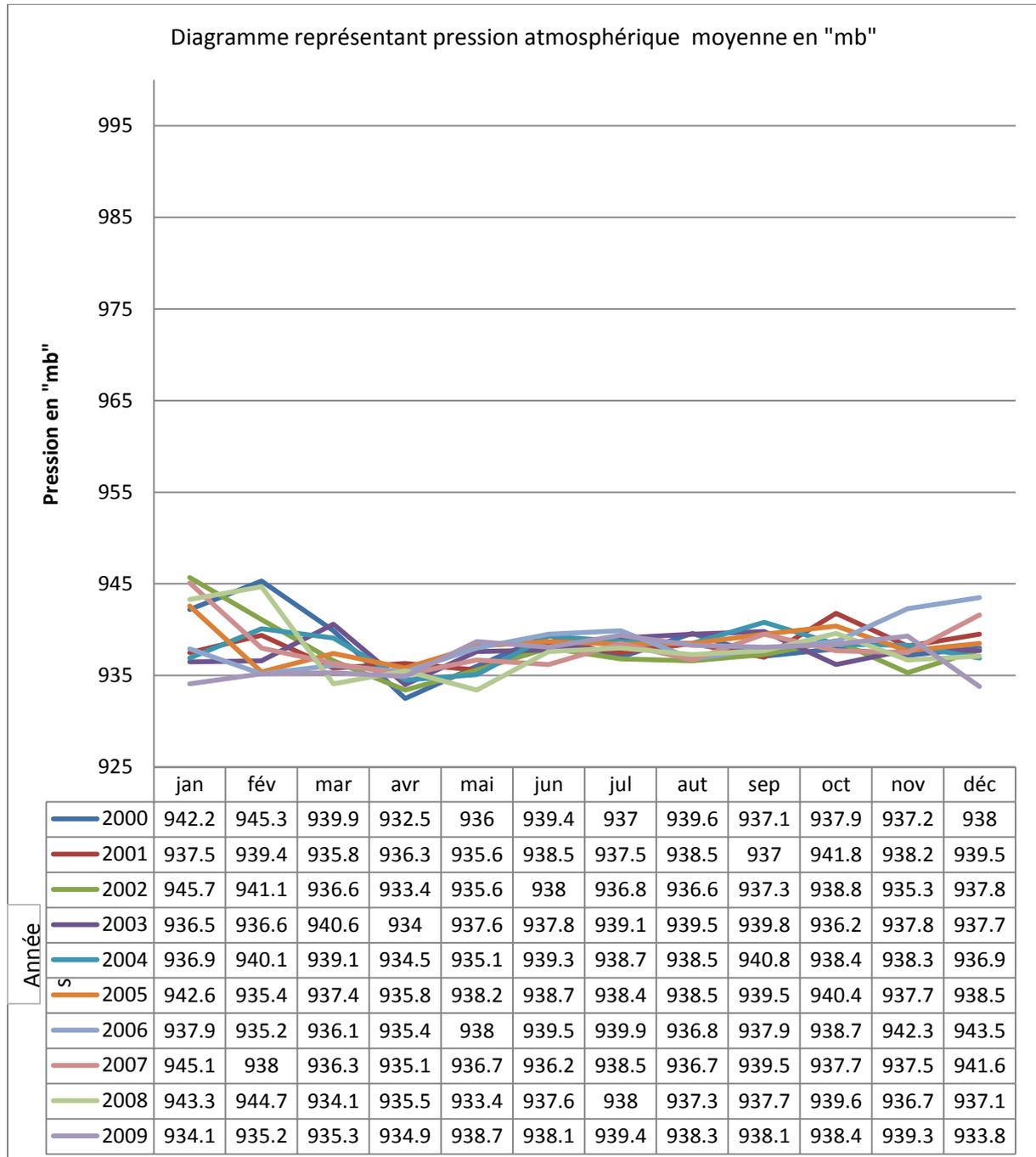


(Source météo de Constantine Ain el Bey)

Fig. 64 – diagramme représentant la vitesse moyenne de vent en « m/s ».

III.2.3.6 - Pression atmosphérique :

La différence annuelle des pressions atmosphériques est presque homogène est marquée par une légère stabilisation au court des quatre mois qui sont : juin, juillet, août, septembre. La pression est comprise en moyenne entre 932 et 938 mb. (voir figure 65).

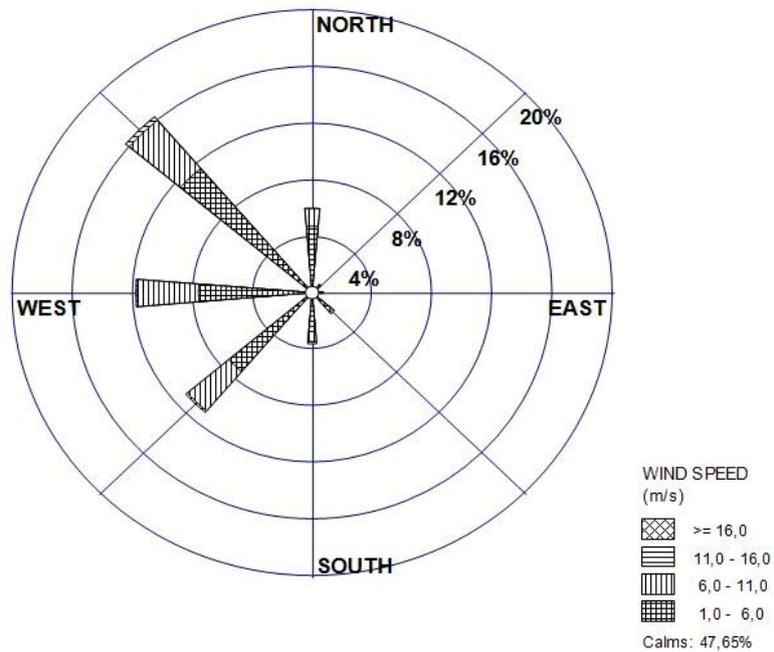


(Source météo de Constantine Ain el Bey)

Fig. 65 – Diagramme représentant la pression atmosphérique moyenne en « mb »

III.2.3.7 - Roses des vents pour la ville de Constantine :

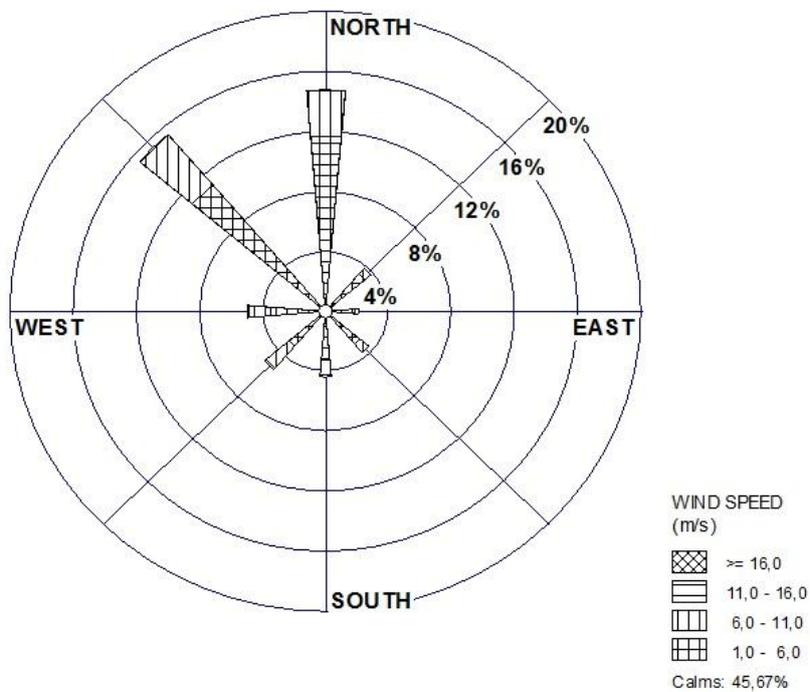
a- Hiver (Rose des vents, Période : 2000-2009) :



(Source météo de Constantine Ain el Bey)

Fig. 66 – Rose des vents, Période : 2000-2009 en hiver.

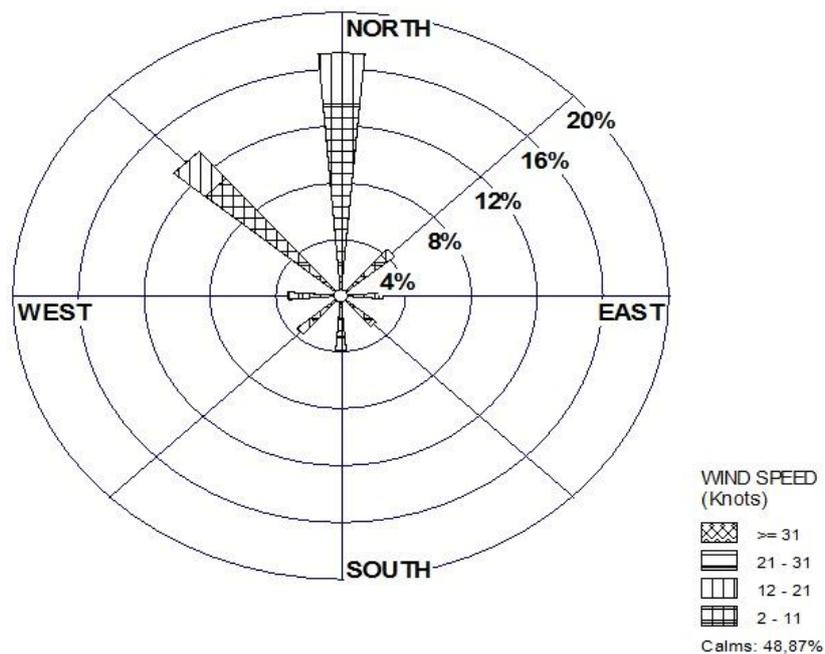
b- Printemps (Rose des vents, Période : 2000-2009) :



(Source météo de Constantine Ain el Bey)

Fig. 67 – Rose des vents, Période : 2000-2009 au printemps.

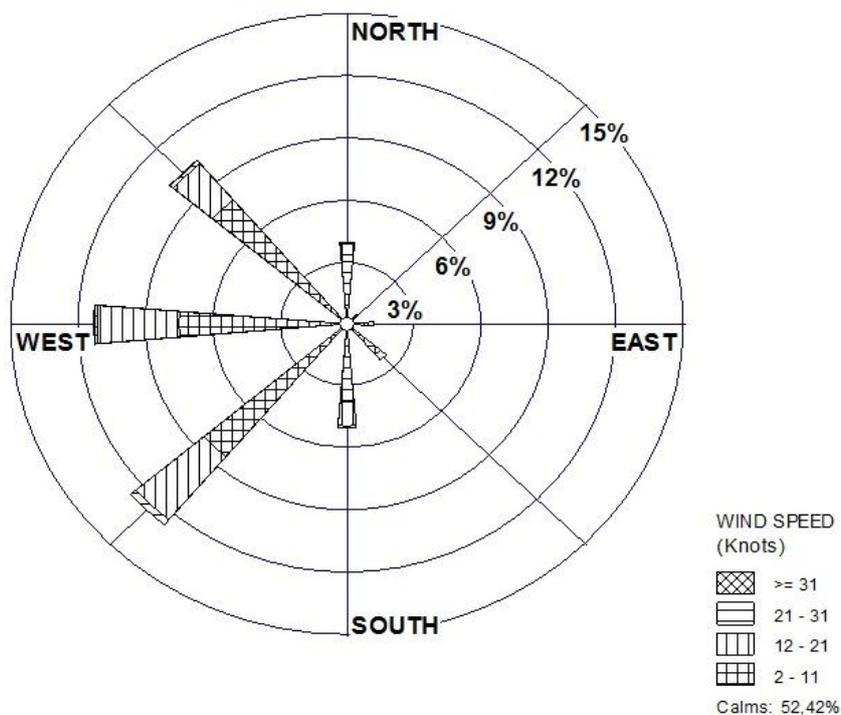
c- Été (Rose des vents, Période : 2000-2009) :



(Source météo de Constantine Ain el Bey)

Fig. 68 – Rose des vents, Période : 2000-2009 en été.

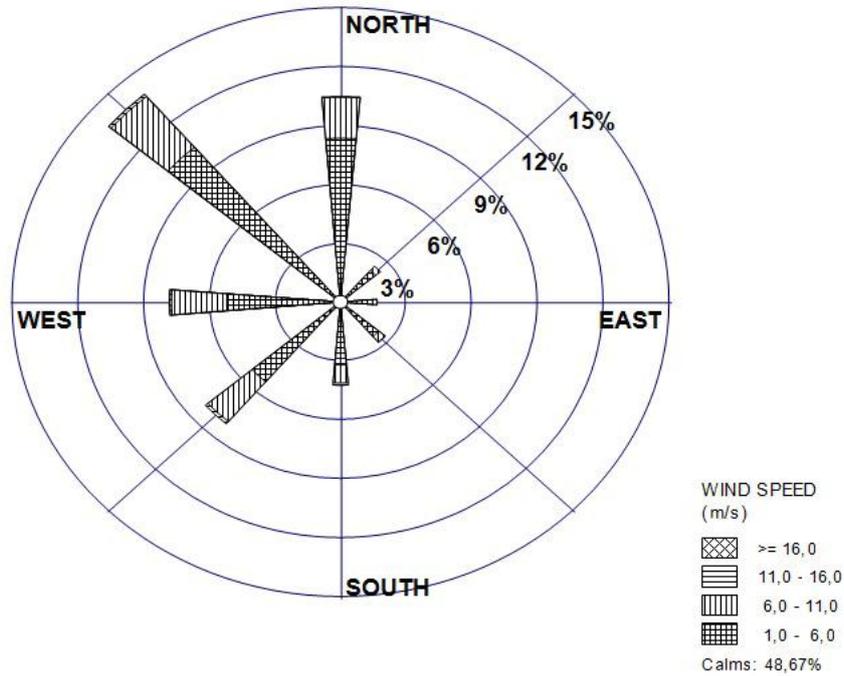
d- Automne (Rose des vents, Période : 2000-2009) :



(Source météo de Constantine Ain el Bey)

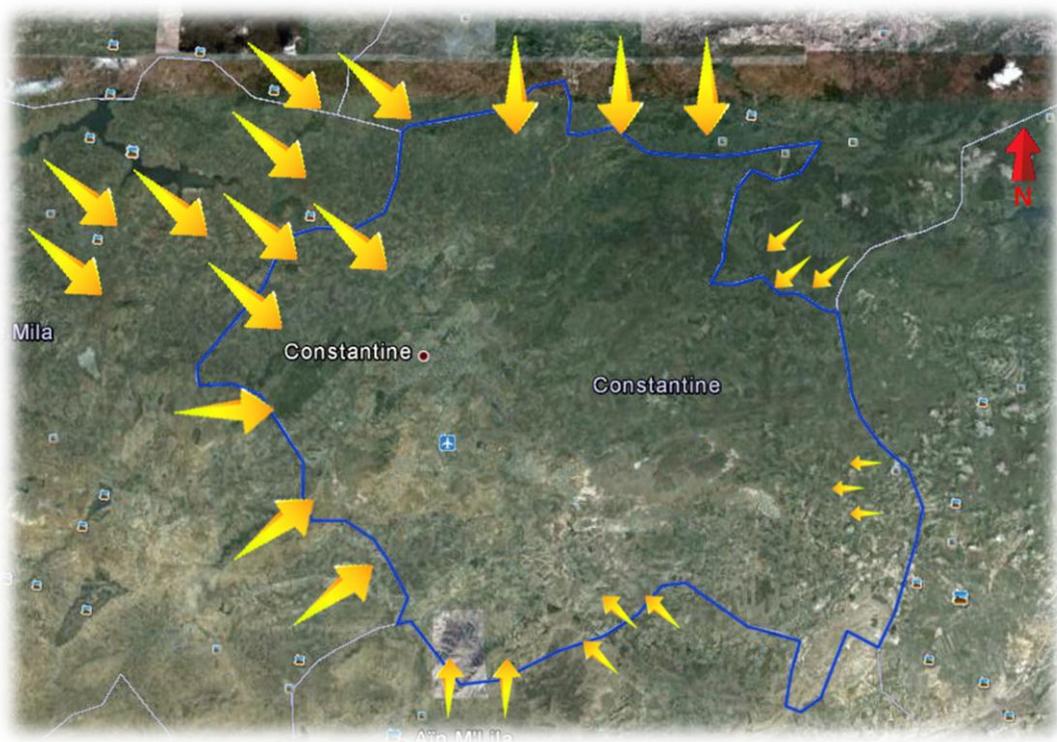
Fig. 69 – Rose des vents, Période : 2000-2009 en automne.

e- Rose des vents annuelle pour la ville de Constantine :



(Source météo de Constantine Ain el Bey)

Fig. 70 – Rose des vents annuelle pour la ville de Constantine (2000-2009).



(Source : Auteur + Google earth)

Fig. 71 – Carte représentant les vents dominants annuelle pour la ville de Constantine qui sont de direction : Nord-Ouest à Nord

III.2.3.8 - Indice d'aridité :

D'après ED.MARTONNE, l'indice d'aridité est donné par la formule suivante :

$$Ia = P/T+10 \quad (1)$$

D'où ; Ia : 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 :

$Ia = 19$. On remarque que : $20 > Ia = 19 > 10$ donc le climat de Constantine est SEMI- ARIDE.

III.3 Analyse du site choisi « cité 1288 logements Ali Mendjeli – Constantine » :

III.3.1. Situation de la ville nouvelle Ali Mendjeli :

III.3.1.1 - Présentation de La ville nouvelle Ali Mendjeli de Constantine :

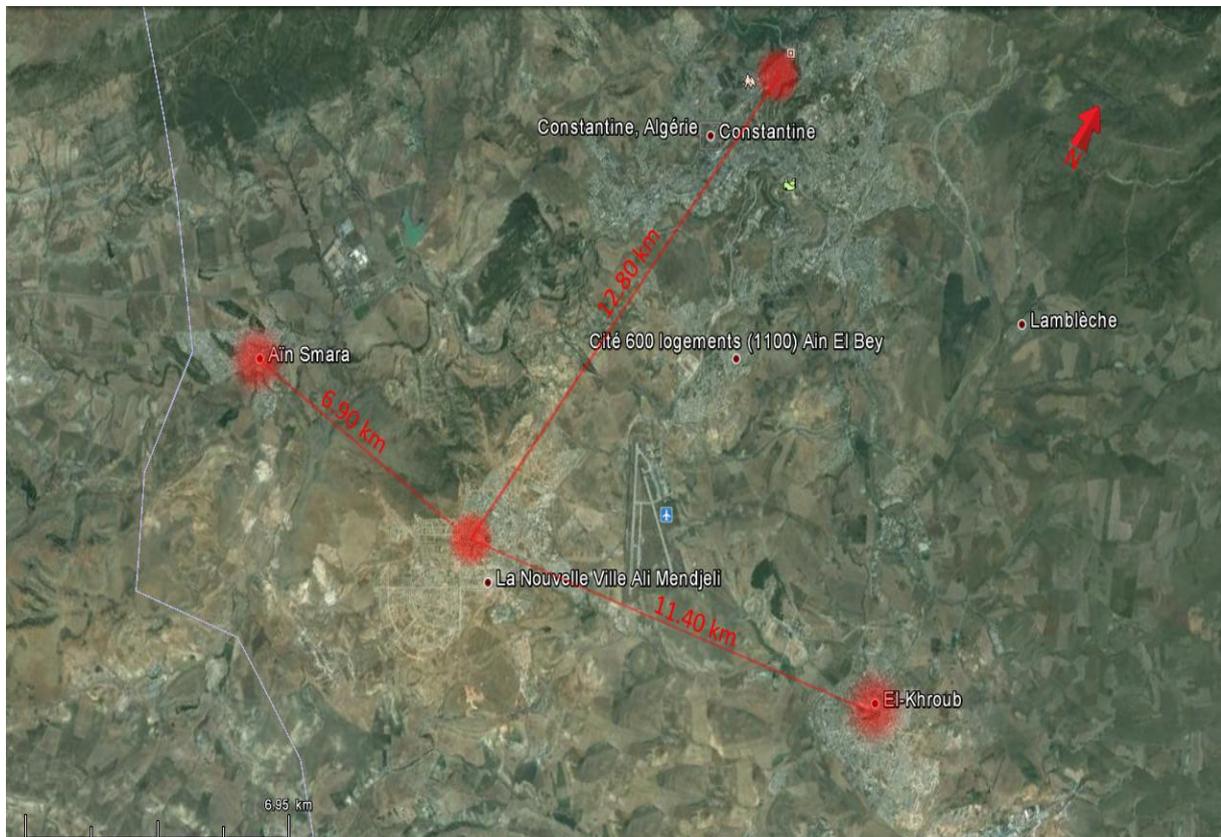
Situé à 12.8 km de la ville de Constantine, 11.4 km d'El Khroub et 6.9 km d'Ain S'mara (voir figure 72), la décision de créer une ville nouvelle a été prise dans le cadre du Plan Directeur d'Urbanisme du Grand Constantine pour soulager la métropole de son poids démographique, qui par sa croissance débordait sur ses satellites les plus proche. Cette situation de crise est en train d'ébranler la structure de ces satellites, qui dans un passé récent faisaient figure de zones rurales.

L'option ville nouvelle a été prise dans un but tout à fait précis : celui de rééquilibrer la croissance urbaine au sein de ce groupement en limitant la taille des agglomérations en sorte d'éviter la fusion entre la métropole et ses satellites.

La ville nouvelle, par le choix de son site et sa taille impressionnante est l'unique alternative pour faire face au déferlement urbain.

Le site retenu est conforme aux prescriptions du PUD dont les études ont été achevées fin 1982 et approuvées par arrêté interministériel n°16 du 18 Janvier 1988. Il est à noter que le

conseil des ministres dans sa séance du 22 Mai 1983 avait décidé la continuation des études d'urbanisme et d'aménagement sur le site de la ville nouvelle d'Ain El Bey.



(Source : Auteur + Google earth)

Fig. 72 – Localisation de la ville nouvelle Ali Mendjeli par rapport au centre urbain les plus importants de la wilaya de Constantine.

A- Le cadre physique de la nouvelle ville Ali Mendjeli:

Le site devant recevoir l'implantation de la ville nouvelle couvre une superficie assez vaste sur le plateau d'Ain El Bey : 1500 Hectares.

Porté à une altitude moyenne de 800m et disposant d'une topographie variée et à faible pente et sans contraintes majeures, il se prête facilement à l'urbanisation, d'autant qu'il dispose d'un sol de très bonne constructibilité ; de plus il jouit d'une position remarquable, à la croisée des chemins entre Constantine, El Khroub et Ain S'mara (voir figure 73) et de la proximité du grand aéroport international. A noter également qu'un projet de voie ferrée reliant la ville nouvelle aux différents centres (Constantine, El Khroub et Ain S'mara) est à l'étude de faisabilité par le secteur concerné.



(Source : Google earth)

Fig. 73 – Localisation de la « cité 1288 logts Ali Mendjeli ».

B- Présentation du site « Cité 1288 logements » :

Le terrain d'investigation choisi est un site urbain situé au cœur de la nouvelle ville Ali Mendjeli de Constantine (voir figure 73). Il s'agit de « **la cité 1288 logements** ».

Situé en plein centre ville, le site est d'une latitude moyenne de 800m environ (voir figure 74 et 75).

L'occupation du sol de la cité 1288 logements a la nouvelle ville Ali Mendjeli consiste à des immeubles à destination mixte (habitat, commerce) d'une hauteur qui vari de 30 a 54 mètres.



(Source : Google Earth 6.1.0.5001)

Fig. 74 – Photo satellite du cas d'étude « cité 1288 logts Ali Mendjeli»



(Source : AADL Constantine)

Fig. 75 – Plan de masse du cas d'étude « cité 1288 logts Ali Mendjeli».

C- Critères du choix du site :

Les critères du choix de ce site ont été les suivants :

a-La situation :

Le choix du lieu a été dicté par rapport aux objectifs de notre présente recherche qui consiste à voir si les conceptions dite « nouvelle » de l'urbanisme à l'échelle de la wilaya de Constantine prennent en charge le paramètre vent au niveau de leurs conception, de la le choix de ces tours semble un exemple intéressant pour une meilleur appreciation du phénomène « vent » qu'on entamera dans le prochain chapitre.

b-La géométrie urbaine :

La géométrie des rues offerte par la typologie des constructions caractérisée par le ratio de la hauteur moyenne des immeubles sur la hauteur moyennes des rues (H/W) présente un modèle réel type du « canyon urbain » où la hauteur des immeubles est estimée à plus de quatre fois la largeur de la chaussée (se référer à la figure n°77, 78,79).

c-Morphologie :

La cité 1288 logements est situé dans un site qui présente une légère pente autour de la cité, seulement le centre a été aplatis et traité avec des plateformes qui représentent le socle des tours (voir figure n° 81,82).

d-L'absence de végétation :

Le site représente une grande carence en matière de couverture végétale, pourtant on trouve au nord un espace réservé à cette fonction qui fait 900m², par ailleurs la couverture végétale dans ce dernier est négligeable (voir figure n°80), dans cette présente recherche nous n'allons pas prendre en considérations l'impacte de ce paramètre dans notre démarche expérimentale.

D- Photos du site :



(Source : Auteur)

Fig. 76 – Vue du côté EST de la cité 1288logts.



(Source : Auteur)

Fig. 77 – Vue du côté OUEST de la cité 1288logts.



(Source : Auteur)

Fig. 78 – Vue sur la percée entre les deux ensembles les plus importants de la cité 1288logts.



(Source : Auteur)

Fig. 79 – Vue intérieur de la cité 1288 logts.



(Source : Auteur)

Fig. 80 – Vue intérieur de la cité 1288 logts.

Maquette du cas d'étude « cité 1288 logts Ali Mendjeli »:



(Source : AADL Constantine)

Fig. 81 – vue sur maquette de la cité 1288logts.



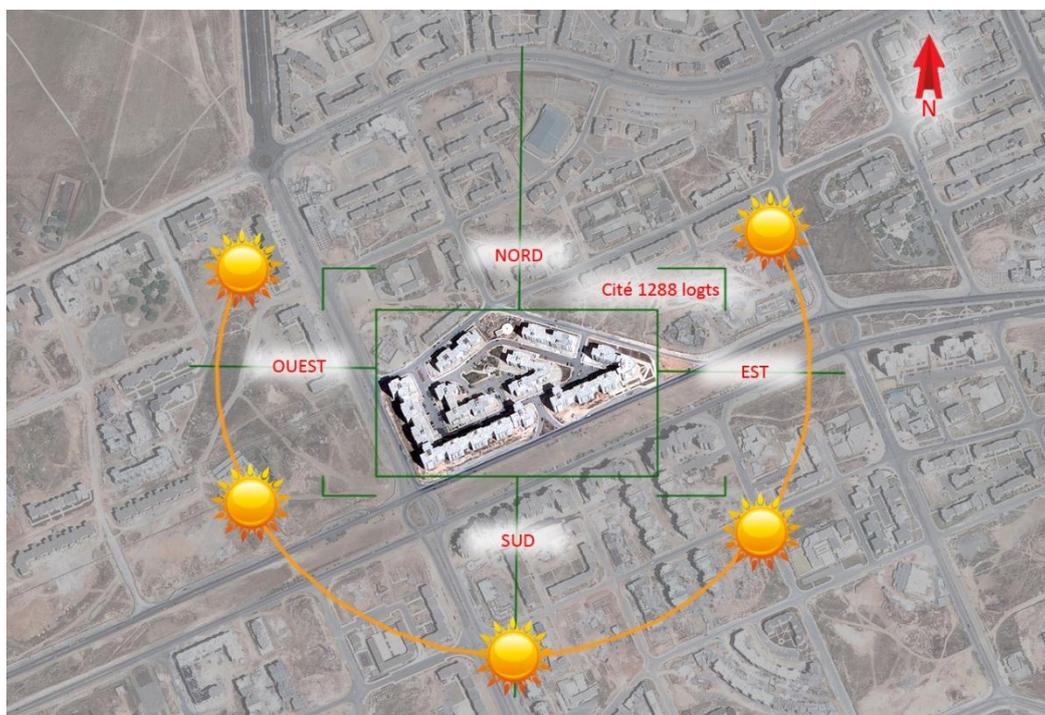
(Source : AADL Constantine)

Fig. 82 – vue sur maquette de la cité 1288logts.

E- Analyse climatique du site :

a-Ensoleillement :

La cité présente une bonne exposition au soleil notamment dans sa partie SUD, seulement sa géométrie urbaine qui consiste en une série de courts canyons crée un effet d'ombre important sur les espaces intérieurs de la cité que se soit sur les façades, les espaces piétons et les circuit mécaniques. Ces derniers ne profitent de l'ensoleillement que pendant une très courte période au court de la journée (voir figure 83).

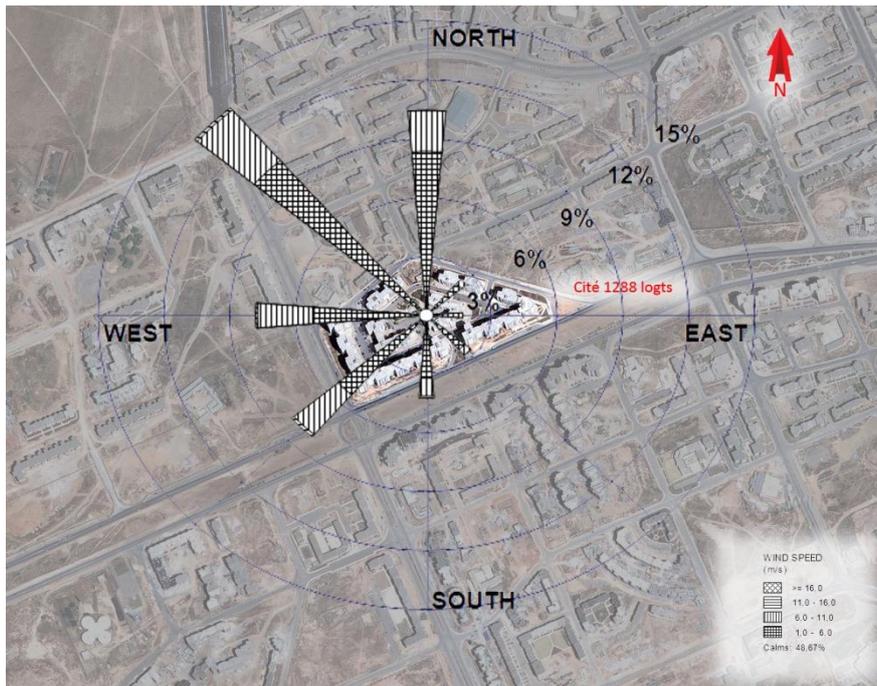


(Source : Auteur + Google earth)

Fig. 83 – représentation de la trajectoire du soleil tout au long de l'année.

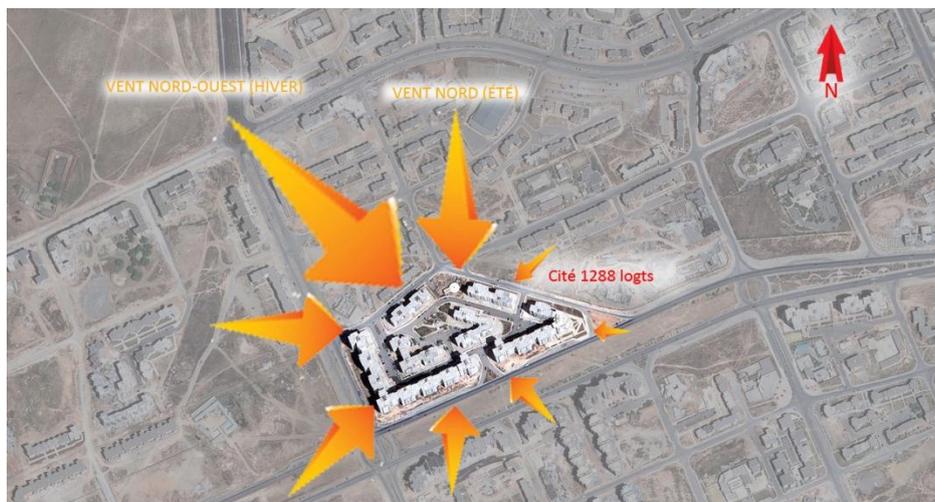
b-L'écoulement aéraulique :

Le site est caractérisé par une exposition assez importante aux vents dominant NORD-OUEST et NORD et cela est dû essentiellement à l'absence de la couverture végétale, et la nature de la configuration urbaine (pas plus de 15 m de hauteur) au Nord de la cité (se référer à la figure n° 84,85).



(Source : Google Earth , météo de Constantine Ain el Bey + Auteur)

Fig. 84 – Superposition de la rose des vents annuelle sur la cité 1288logts.



(Source : Auteur + Google earth)

Fig. 85 – Représentation des courants de vent les plus importants de l'année.

c- La circulation mécanique :

Quand on parle de circulation mécanique on parle de pollution atmosphérique. Les conséquences de cette dernière sont nombreuses sur le confort et le bien-être de l'individu notamment de se qui relève de l'affectation du confort thermique extérieur qui est aussi caractérisé par une surchauffe de l'air.

D'autre part, la pollution de l'air et aussi dû aux particules solides (poussières...etc.) qui seront emportées par l'air vers des espaces de stagnations, aussi les véhicules qui passe principalement par la voie rapide qui représente un flux très important de circulation mécanique (voir figure n°86) ,peuvent a leurs tours renforcé les effets de la pollution de l'air a travers les émissions massives des gaz a effet de serre (le monoxyde de carbone (CO), Les oxydes d'azote (NOx)) qui sont proportionnel au nombre de véhicules par jours et qui pourras conduire inévitablement a la formation « d'îlot de chaleur urbain ».



(Source : Auteur + Google earth)

Fig. 86 – Représentation de la trame viaire au tour de la cité 1288logts.

d- La topographie du site :

Le terrain présente une topographie générale moyenne, dépassant légèrement les 5% selon les courbes de niveaux maitresses orientées Nord-Sud et unNord-Ouest Sud-Est. Les terrassements constatés sur place indiqués dans le dossier photographique, du présent

magistère confirme la morphologie du terrain et le coût d'investissement du chapitre financier en question.



(Source : D.U.Constantine)

Fig. 87 – Représentation de la topographie de la cité 1288logts.

e-La couverture végétale :

La couverture végétale proposée au niveau du plan de masse, constatée dans le dossier photographique ci-joint au mémoire du magistère, confirme l'inadéquation de la solution architecturale aux divers paramètres climatiques, dont celui qui nous interpelle en l'occurrence le vent.



(Source : Auteur + Google earth)

Fig. 88 – Représentation des masses bâties et les espaces verts de la cité 1288logts.

Conclusion :

En conclusion, le climat de Constantine apparaît à travers les chiffres comme un climat rude, caractérisé par un hiver froid et un été chaud et sec. Une humidité relative moyenne et des précipitations considérables en hiver et rare en été.

Vu les changements des données de la dernière décennie ce climat qui jadis était marquée par quatre saisons distinctes répondant chacune aux caractéristique de l'hiver, l'automne, le printemps, et l'été, a finalement basculé du côté des climats semi- arides. Cette nouvelle réalité nécessite de nouvelles stratégies quant à la révision de la problématique de l'espace urbain en prenant en considération une semi aridité qui risque de basculer encore plus vers l'aridité absolue d'ici une dizaine d'années surtout avec la concentration des gaz à effet de serre dans notre atmosphère.

L'analyse du site nous a permis d'évaluer l'environnement immédiat, le climat de ce milieu urbain, ainsi donc nous pourrons entamer le prochain chapitre pour mettre en relation les données théoriques avec le volet expérimental.

Chapitre IV – Etude aéraulique sur le site d'étude UV7 de la nouvelle ville Ali Mendjeli et simulation avec le logiciel PHOENICS.

Introduction :

L'évaluation du confort aéraulique extérieur au moyen de simulation numérique est devenue un sujet d'actualité. Les programmes de simulation divers ouvrent des axes de recherches assez importants et permettent de vérifier et d'évaluer les théories les plus anciennes et celles les plus récentes ayant trait à la bioclimatique urbaine et architecturales.

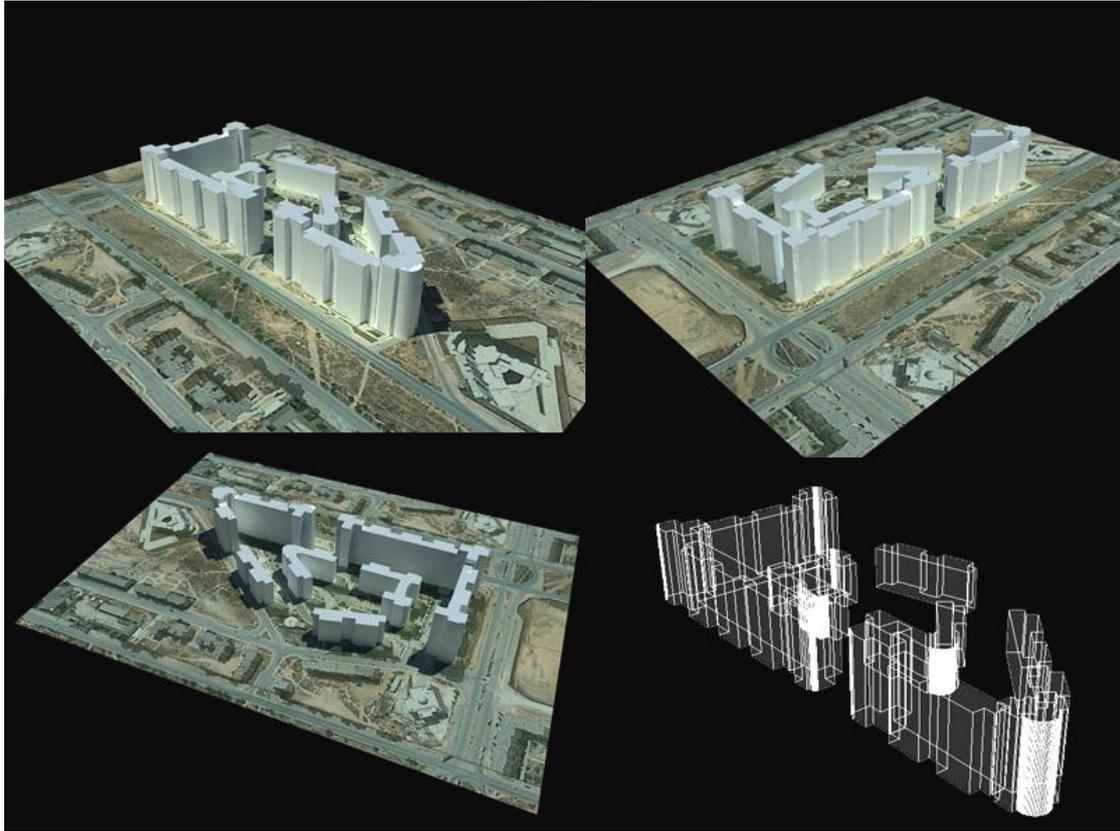
La présente recherche s'est basée sur le code CFD « PHOENICS », un logiciel déjà testé et exploité dans plusieurs travaux de recherche.

L'objectif de ce chapitre est de tester la maquette virtuelle sur les quatre mois type de l'année (les équinoxes et les solstices) et voir les effets aérauliques qui en résultent sur l'environnement urbain en premier lieu et sur le confort de l'individu au niveau de cette configuration urbaine en second lieu.

IV.1. Etude aéraulique avec l'utilisation du logiciel PHOENICS :

IV.1.1 Construction 3D du modèle :

La construction du modèle 3d (voir figure 89) faite à partir d'un support DWG en 2D sur « Autodesk AutoCad® 2008 » et modélisé en 3D par un autre logiciel très connu qui est « Autodesk 3DS MAX 9® », ce dernier est réputé pour la variété de ces fonctions et sa compatibilité avec une multitude de logiciels et sa capacité d'exportation de modèle 3D en des formats très varier notamment en format DXF, ASCII, STL...etc., ces derniers sont les seuls formats d'importation pris en compte par PHOENICS 2009.



(Source : Auteur)

Fig. 89 – Le modèle 3D de la cité 1288 logements la ville nouvelle Ali Mendjeli.

IV.2. Simulation avec le logiciel PHOENICS :

IV.2.1 - Les différents types de modélisation numériques dans le bâtiment :

IV.2.1.1 - La modélisation mono zone :

Dans la modélisation mono zone, on considère le bâtiment comme une enceinte dont les caractéristiques internes sont parfaitement uniformes, où la température d'air intérieur supposée uniforme. Du point de vue de la modélisation, cela correspond à un seul nœud d'air. Il s'agit de bâtiments composés d'une seule pièce. Dans ce cas, le comportement de l'ambiance de l'ensemble du bâtiment est représenté par un seul jeu de variables.

Parmi les différents outils disponibles, à savoir les deux codes américains **DOE- 2**, et **BLAST**, ainsi que le code français **CODYBA**. Dès leur apparition, les différents codes de calcul ont permis des progrès importants en matière de réduction des consommations énergétiques.

Néanmoins, ces outils ne permettaient pas de représenter le détail des transferts de masse et de chaleur au sein des bâtiments.

IV.2.1.2 - La modélisation multizone (ou nodale) :

Cette approche de modélisation consiste à représenter le bâtiment comme un ensemble de zones idéalisées par un seul nœud de calcul (voir figure 90). Ces zones sont reliées entre elles par des éléments permettant la caractérisation des transferts de masse et de chaleur.

Ils existent notamment des codes de simulation multizones permettant de simuler le comportement thermo aéraulique des bâtiments et donnent en général des résultats acceptables. Ces codes sont toutefois contraints par un certain nombre de limitations dans la modélisation des transferts aérauliques en ventilation naturelle. Par ailleurs, une hypothèse problématique dans certains cas est celle de l'homogénéité des températures d'air dans chaque zone. De plus, dans le cas de la simulation espace présentant de grandes ouvertures ou encore du couplage d'un système actif de climatisation avec l'enveloppe en régime dynamique, les résultats de simulation diffèrent de manière importante des résultats expérimentaux. Ces codes ne permettent pas d'accéder à une estimation des vitesses moyennes d'air dans les zones. Ainsi, la modélisation du confort thermique dans les ambiances est problématique dans la mesure où la vitesse d'air est l'un des paramètres les plus influents⁴⁵.

IV.2.1.3 - La modélisation par codes de champs :

L'absence de détail concernant les écoulements d'air et l'hétérogénéité des différentes grandeurs scalaires caractéristiques d'une ambiance intérieure rend difficile l'étude du confort thermique des occupants ou du couplage entre l'ambiance et un système énergétique ou de ventilation. De plus, il arrive fréquemment que l'hypothèse de mélange parfait et instantané au sein de toutes les zones du bâtiment soit mise en défaut. Lorsque les pièces ont un grand volume, quand les écoulements sont faibles, ou que des sources de chaleur (ou d'élément polluant) sont localisées, le champ des variables caractéristiques de l'ambiance aura une distribution hétérogène au sein du volume de la pièce. Lorsque ces conditions apparaissent, ou que le modélisateur a pour objectif d'étudier le confort thermique des occupants ou l'efficacité d'un système, il sera nécessaire de prédire les détails au sein des zones du bâtiment. Pour cela nous aurons recours à la modélisation par codes de champs (voir figure 90) en fonction du niveau de détail souhaité. Les codes de champs quant à eux, donnent des

⁴⁵ Source : Emmanuel BOZONNET, Doctorat « Impact des microclimats urbains sur la demande énergétique des bâtiments Cas de la rue canyon », UNIVERSITÉ DE LA ROCHELLE 2005,p62.

solutions des équations locales de la mécanique des fluides. Ils procurent donc une représentation très détaillée de l'environnement intérieur, mais au prix de temps et de ressources de calcul beaucoup plus importants. Les codes de champs ont été largement utilisés pour la simulation du comportement d'un local et plus rarement pour la modélisation d'un bâtiment dans son ensemble car les ressources de calcul nécessaires dépassent en pratique les capacités des machines les plus courantes. Les différentes techniques **CFD** sont : la simulation numérique directe appelée aussi **DNS**, la simulation des grandes structures tourbillonnaires aussi connue sous le nom de **LES** et enfin la simulation par des modèles de transport des quantités moyennées en temps, les méthodes **RANS**. Elles mettent en œuvre des procédures de résolution de différentes variantes des équations de **NAVIERSTOKES** régissant les écoulements de fluides incompressibles en régime turbulent.

Notant également que, pour réaliser notre étude, nous avons opté pour le code de champ «**PHOENICS**»⁴⁶.

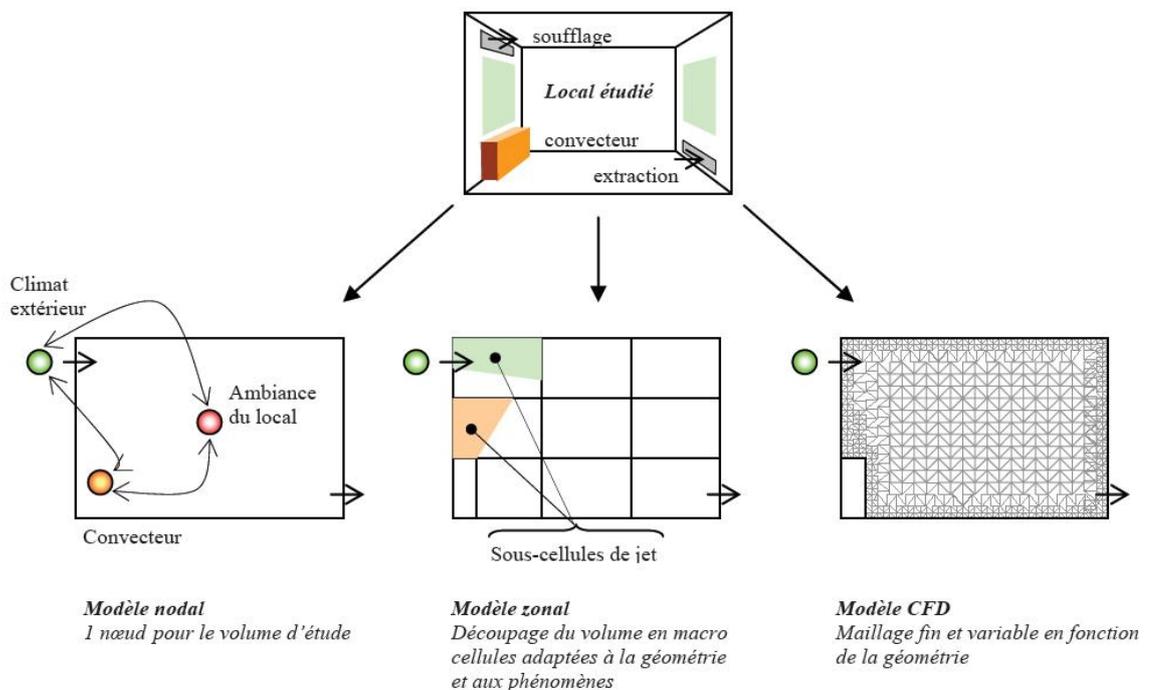
IV.2.1.4 - La modélisation intermédiaire (zonale) :

L'approche zonale est un nouveau type de modèles numériques qui sert à simuler l'écoulement de l'air et la distribution de la température au sein d'un local. Il s'agit d'un **modèle intermédiaire** entre **multizone** et modèle (**CFD**), qui divise l'air d'une pièce en plusieurs sous-volumes (voir figure 90), elle est bien adaptée pour tenir compte des phénomènes convectifs caractérisant les différents systèmes de chauffage et de climatisation. Cependant cette approche permet d'obtenir une estimation rapide mais relativement grossière des écoulements et des profils de température au sein d'un local.

Cette nouvelle approche a vu le jour, introduisant le concept de modèles zonaux intra zones c'est-à-dire le partitionnement à l'intérieur même d'une zone du bâtiment. Ce type d'approche a pour objet de permettre d'exploiter des modèles obtenus soit de façon expérimentale soit par voie numérique plus fine. Une des premières propositions a été faite par *LEBRUN* (*LEBRUN, 1970*), puis étendue par *INARD* (*INARD et al., 1996*) pour l'étude du couplage thermique entre une ambiance et un émetteur de chaleur. Cette proposition consiste à diviser la pièce en quelques nœuds entre les quels on impose les débits massiques d'air. L'écriture des bilans d'énergie thermique entre les différents nœuds permet de déterminer la distribution du champ de température dans le local. Ce type d'approche permet de caractériser très rapidement le

⁴⁶ Source : Emmanuel BOZONNET, Doctorat « Impact des microclimats urbains sur la demande énergétique des bâtiments Cas de la rue canyon », UNIVERSITÉ DE LA ROCHELLE 2005,p62.

comportement thermique d'un local, mais dans une configuration très précise. De plus, cette approche est fondée sur la connaissance a priori de l'allure de l'écoulement, elle est donc difficilement applicable à une large gamme de configurations. Une deuxième proposition a eu pour objectif de ne plus nécessiter la connaissance préalable de l'écoulement dans un local. C'est la résolution du champ de pression au sein de la pièce qui supporte la prédiction de l'écoulement. Cette approche, initiée par *GRELAT*, consiste à diviser la pièce en sous-volumes, ou cellules, dans lesquelles la température et les concentrations en espèces sont supposées homogènes alors que la pression varie de façon hydrostatique. Les bilans de masse et d'énergie sont appliqués à chaque cellule et l'air est traité comme un gaz parfait. Le modèle d'écoulement entre deux cellules adjacentes est basé sur les méthodes utilisées pour caractériser les transferts au travers des ouvertures dans l'approche multizone⁴⁷.



Source : Emmanuel BOZONNET, thèse doctorat, 2005, p62.

Fig. 90 – Différents niveaux de modélisation et différentes finesses de maillage pour le cas d'une ambiance intérieure ventilée et d'un système de chauffage particulier, le convecteur.

⁴⁷ Source : Emmanuel BOZONNET, Doctorat « Impact des microclimats urbains sur la demande énergétique des bâtiments Cas de la rue canyon », UNIVERSITÉ DE LA ROCHELLE 2005,p62.

IV.2.1.5 - Simulation dans le domaine de bâtiments :

Au cours de ces dernières décennies, un nombre important d'outils de simulation thermique et aéraulique des bâtiments a été développé pour les domaines aussi bien de l'industrie que de la recherche. La première motivation de tels développements était de se doter d'outils d'aide à la conception des bâtiments en vue d'une meilleure efficacité énergétique.

IV.2.1.6 - Objectifs à atteindre par la simulation :

Les objectifs à atteindre par la simulation sont :

- Rendre possible la prédiction des champs scalaires et vectoriels des grandeurs physiques caractérisant la qualité d'une ambiance intérieure.
- De développer et valider une large gamme de modèles décrivant les différents phénomènes physiques (qui sont bien souvent couplés entre eux) mis en jeu au sein des bâtiments.
- La flexibilité et la lisibilité des développements .Cette propriété est indispensable à l'évolutivité de l'outil et donc à sa pérennité.
- La portabilité de l'environnement développé vers différents systèmes d'exploitation (ex. UNIX, LINUX, WINDOWS, etc.) est essentielle à la diffusion de l'outil auprès de partenaires.
- permettre l'étude des caractéristiques de l'environnement intérieur à différentes échelles.

N'oublions pas que les modèles de simulation sont développés avant tout pour répondre aux besoins des concepteurs et gardons à l'esprit un certain nombre de question à se poser avant, pendant et après tout travail de modélisation.

IV.3. Les conditions aux limites de notre simulation :

Pour cette initiation à la recherche et vue la complexité des simulations et dans un souci d'alléger cette présente recherche et lui donné une meilleur lisibilité on a choisi quatre mois type qui sont représentatif sur toute l'année qui sont : Mars, Septembre (Équinoxe), et Juin, Décembre (Solstice).

Une température moyenne de l'air de 20°C sera prise dans toutes les simulations.

Quatre vitesses de vent moyennes mensuel selon les mois types choisis seront choisies (voir tableau n°08) représentant les conditions moyenne de vent dans la région. L'orientation

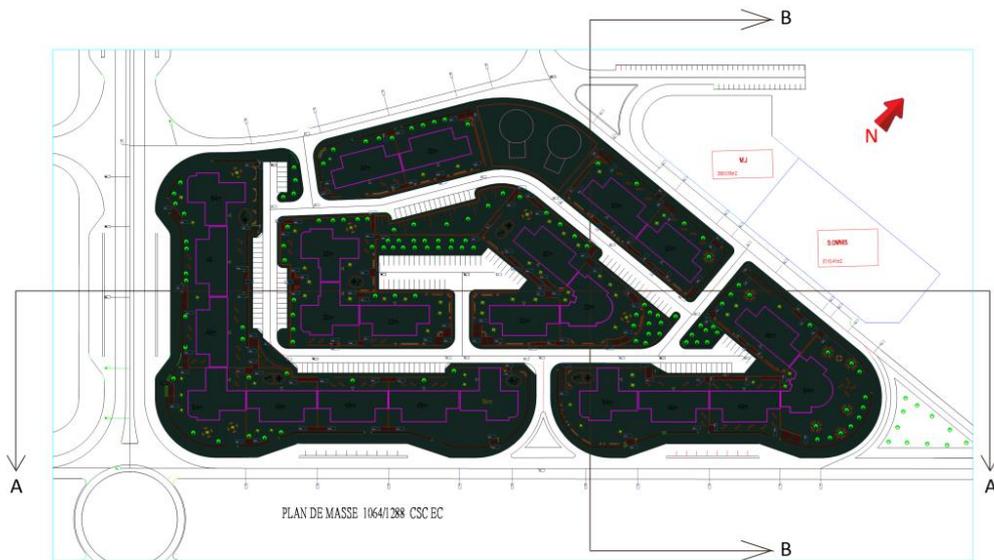
de la configuration urbaine serras choisie en fonction des vents les plus forts propres à chaque période.

Mois	jan	fév	mars	avr	mai	jun	jul	aut	sep	oct	nov	déc
Moyenne de 10ans	1	2.4	2.1	3.7	3	2.5	2.9	2.4	2.6	3.3	3.2	2.8

Tab n°09 : Tableau représentant sur 10ans la vitesse moyenne mensuelle du vent m/s de la période entre 2000-2009 (voir Annexe 4)

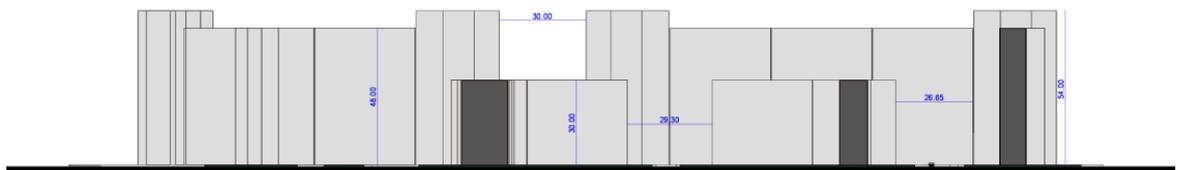
IV.4. Les simulations sur le site:

IV.4.1 - Données relatif au modèle construit pour la simulation :



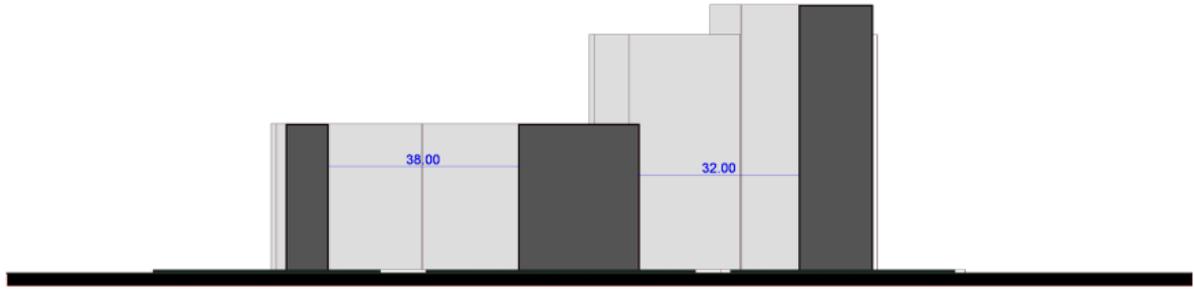
Source : AADL 2010

Fig. 91 – PLAN DE MASSE



Source : Auteur.

Fig. 92 – COUPE AA

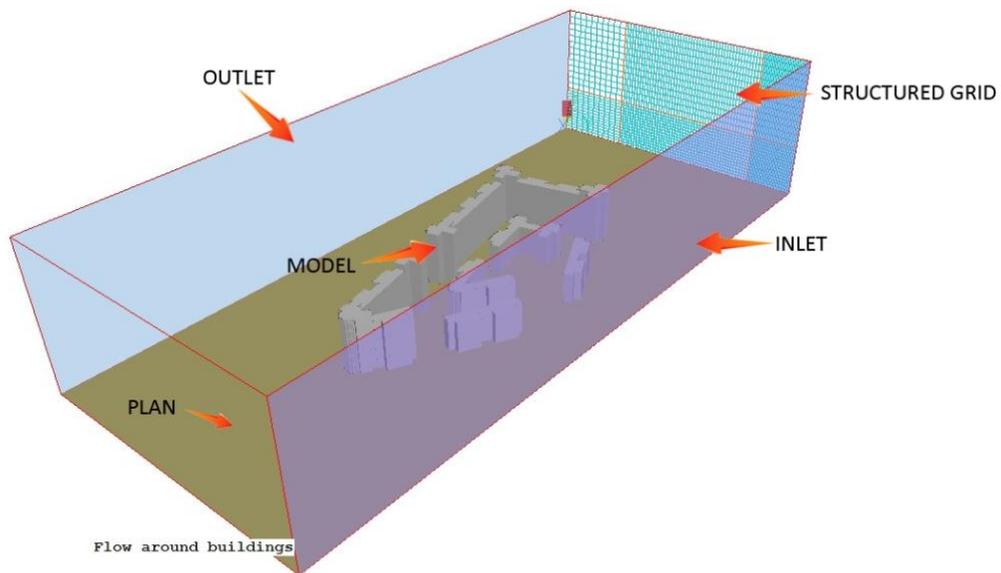


Source : Auteur.

Fig. 93 – COUPE BB

Les mois	Les axes	X	Y	Z
Solstice	Taille du domaine	700 m	300 m	150 m
Juin	Nombre de cellules	95	90	28
Décembre		150	150	65
Équinoxe	Taille du domaine	700m	700m	150m
Septembre	Nombre de cellules	150	150	65
Mars		95	90	28

Tableau 10 : Tableau représentant le nombre de cellules choisies dans la grille structuré ainsi que la taille du domaine dans les différentes simulations.



Source : Auteur

Fig. 94 – Représentation du modèle physique pour la simulation.

IV.4.1.1 - Mois de juin :

La vitesse de vent moyenne : 2.5 m/s.

La direction du vent donnait est Nord.

Hauteur de la coupe à 1.5 m du sol :

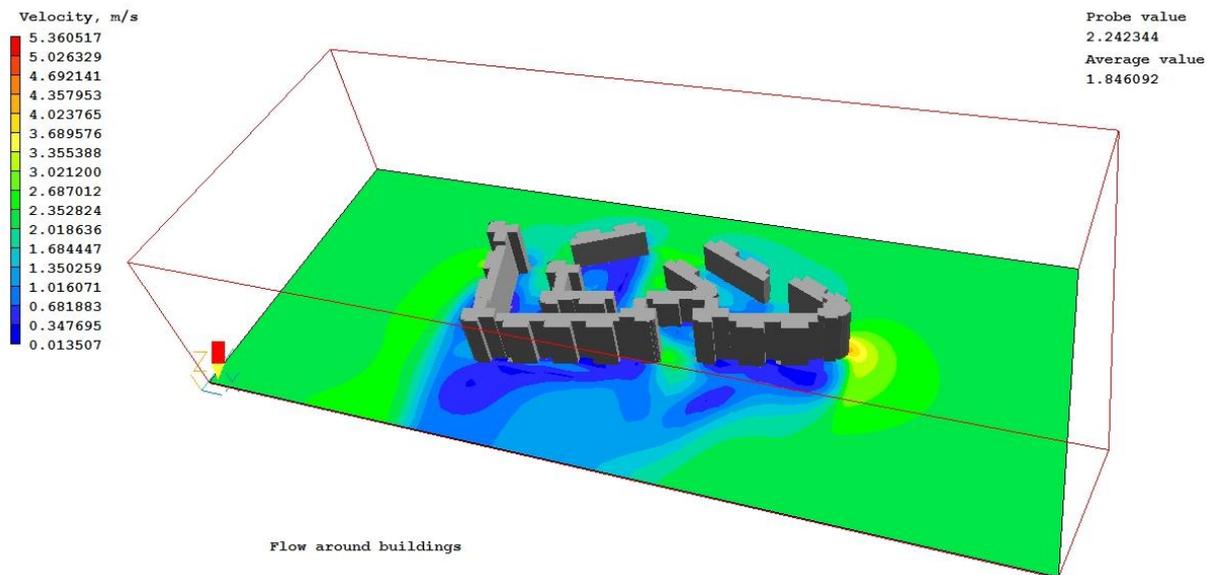


Fig. 95.1 – Simulation 3d de l'écoulement du vent autour de la cité a 1.5 m audessus du sol.



Fig. 95.2 – Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 1.5 m au dessus du sol.

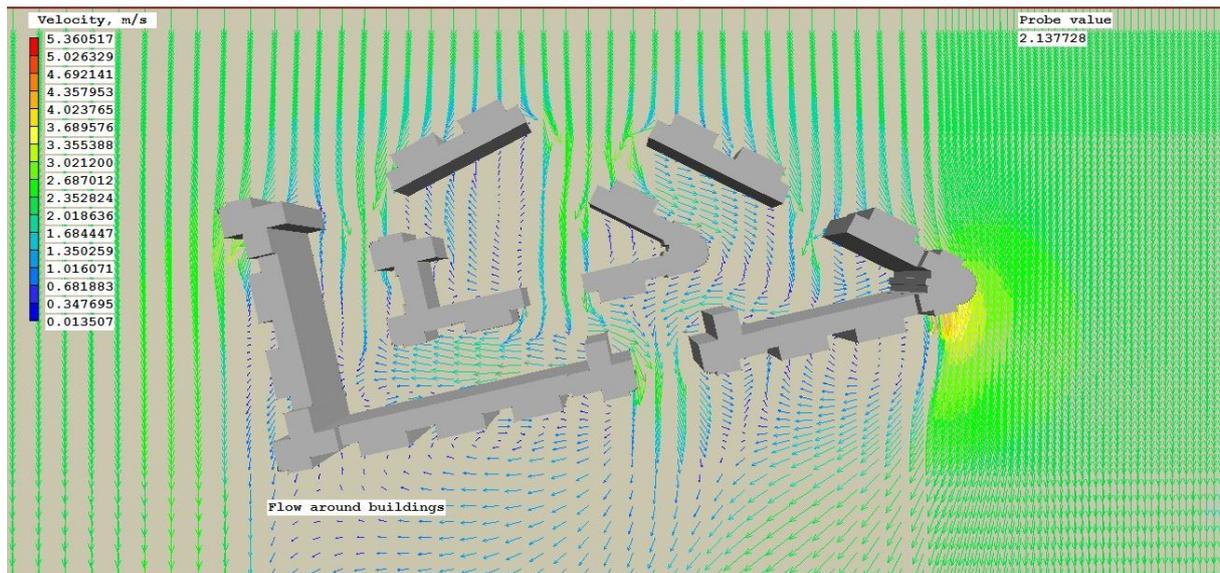


Fig. 95.3 – vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec les vecteurs à 1.5m au dessus du sol.

A partir des figures 95.1 , 95.2 , 95.3 on peut remarqué qu'il y a un effet de coin très important à EST où la vitesse de l'écoulement du vent dépasse les 4.5 m/s et peut remarquable a l'OUEST de la cité où la vitesse de l'écoulement du vent es de 3.7 m/s se qui peut être inconfortable lorsque le piéton le franchit, on remarque aussi la formation de zones critiques au NORD où la vitesse dépasse les 3,5 m/s et au SUD de la cité ou la vitesse de l'écoulement dépasse les 3m/s, la première est due a l'effet Venturie et la deuxième a l'effet de cannalisation, ces phénomènes peuvent causé des gênes pour les piétons (voir l'échelle de beaufort) .

Hauteur de la coupe à 10 m du sol :

A 10m de hauteur ,les mêmes phénomènes sont observés qu'a la hauteur de 1.5m mise a part leurs amplifications et l'apparition de deux effets de sillages qui sont devenu plus important au SUD-EST et SUD-OUEST de la cité ainsi qu'un même effet derrière les deux bâtiments isolés au NORD-EST qui peuvent être responsable d'une concentration potentiel de la pollution à ces emplacements, le centre de la cité présente des zones calmes a l'EST et l'OUEST où la vitesse de l'écoulement du vent varis de 0.6 à 2m/s se qui semble être confortable, on remarque aussi la formation d'un effet de canalisation allant du NORD vers le SUD au centre de la cité ou la vitesse de l'écoulement varis de 2 à 3.3m/s ,cette effet présente

une gêne vue qu'il es associé avec l'effet Venturi au Nord de cette configuration urbaine (voir figures 95.4 et 95.5).



Fig. 95.4 – Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 10 m au dessus du sol.

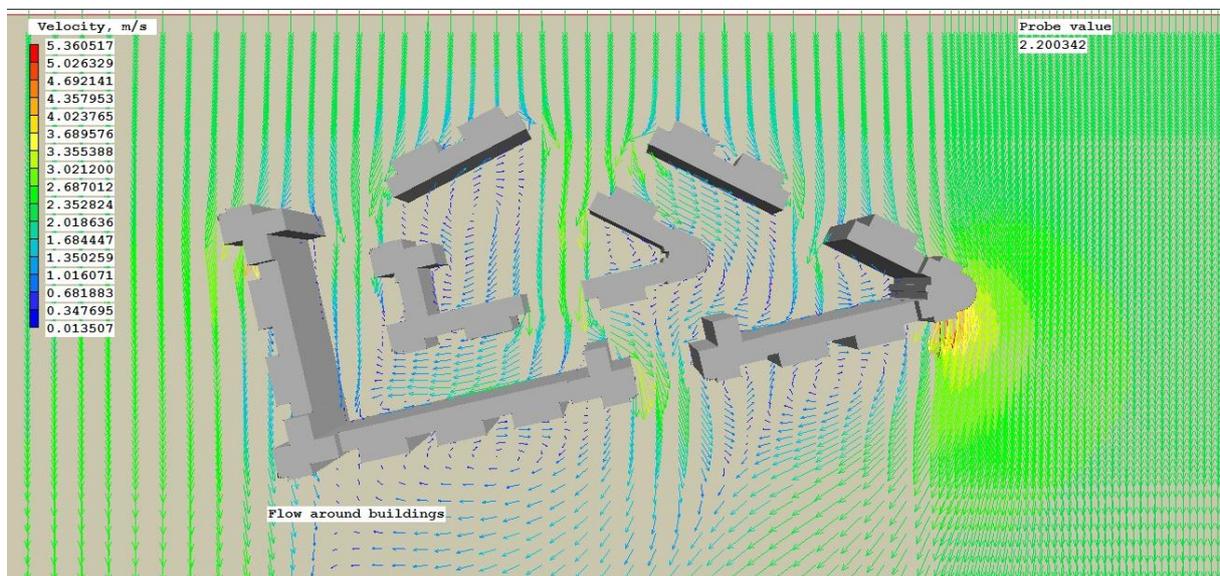


Fig. 95.5 – vue en plan de la vitesse et la direction de lécoulement du vent avec les vecteurs à 10m au dessus du sol.

Hauteur de la coupe à 28 m du sol :



Fig. 95.6 – Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 28 m au dessus du sol.

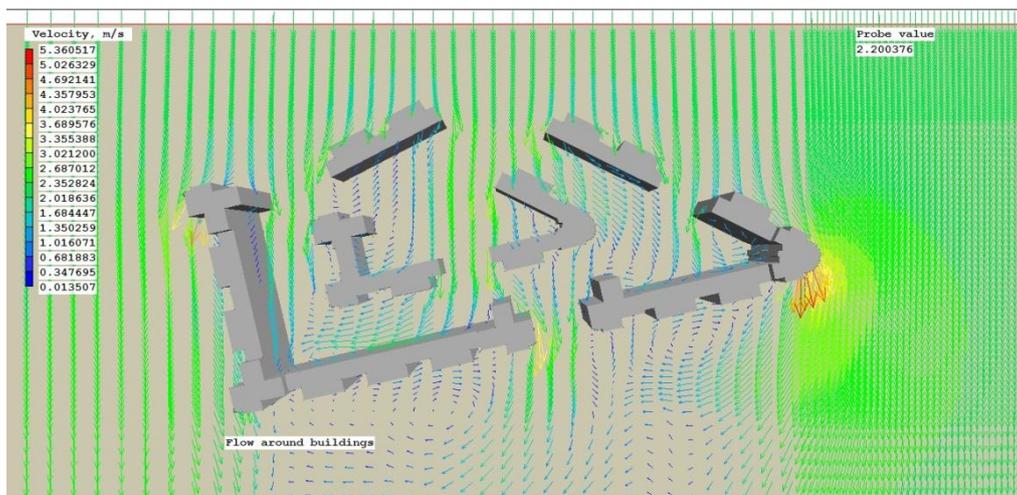


Fig. 95.7 – vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec les vecteurs à 28m au dessus du sol.

A 28m de hauteur ,les mêmes phénomènes sont observés qu'a la hauteur de 10 m mise a part une accélération plus importante à l'EST de la cité où la vitesse du vent dépasse les 4.6m/s se qui peut constituer un danger sur les habitants au niveau de leurs balcons et fenêtres ,aussi on constate la disparition de l'effet de sillage derrière les deux bâtiments isolés au NORD-EST ,d'autres part on remarque un phénomène de coin plus important au niveau de la bais SUD de la cité dans lequel la vitesse de l'écoulement atteint les 3.7m/s se qui peut

constituer un danger pour les habitants au niveau de leurs balcons et fenêtres (voir figures 95.6 et 95.7).

Hauteur de la coupe à 45 m du sol :



Fig. 95.8 – Vue en plan de l’écoulement du vent autour des bâtiments à 45 m au dessus du sol.

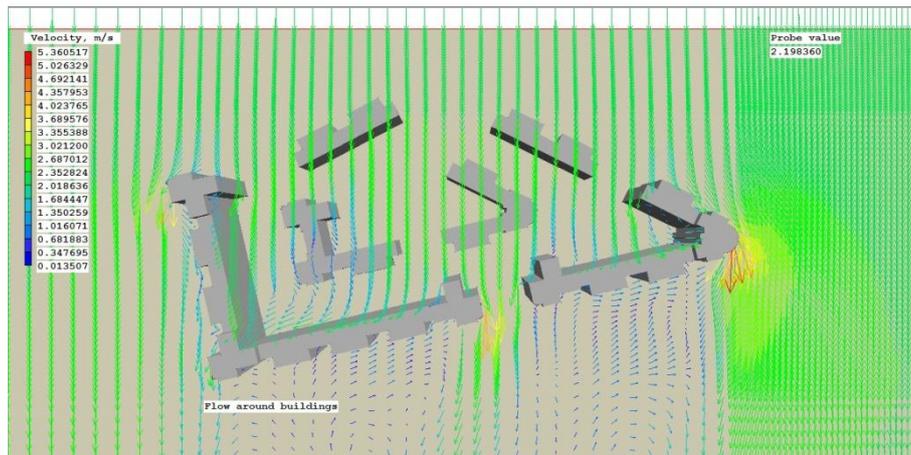


Fig. 95.9 – vue en plan de la vitesse et la direction de l’écoulement du vent avec les vecteurs à 45 m au dessus du sol.

A 45m de hauteur ,il y a une augmentation importante de l’effet de coin au niveau de la bais SUD de la cité ainsi qu’a l’extrême EST de cette configuration urbaine où la vitesse de l’écoulement dépasse les 5m/s se qui peut constituer un danger pour les habitants au niveau de leurs balcons et fenêtres, aussi il y a une disparition des effets de sillages par rapport la hauteur (voir figures 95.8 et 95.9).

b-Sur l'axe x :

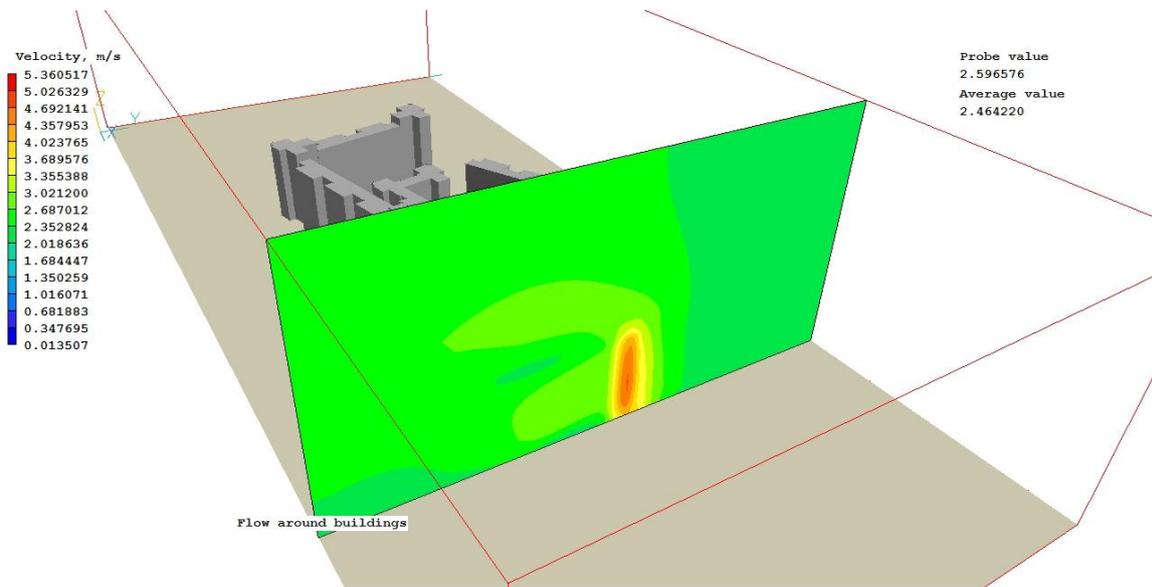


Fig. 95.10 – Vue verticale de l'écoulement de la frontière EST de la cité.

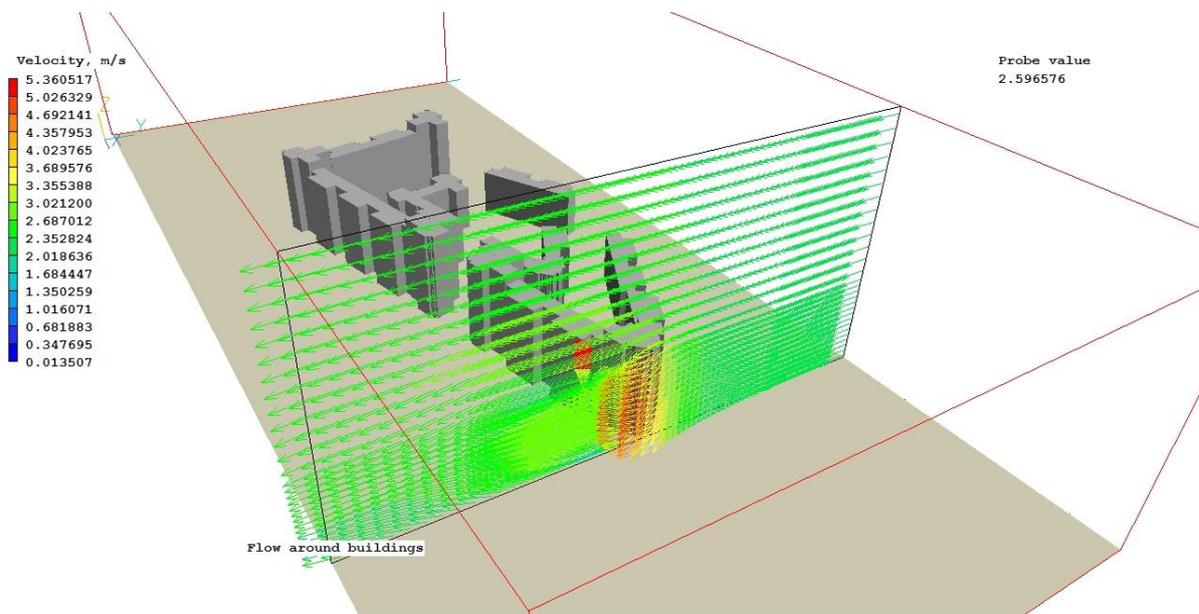


Fig. 95.11 – Représentation vectorielle des écoulements verticaux de la frontière EST de la cité.

Les figures 95.10 et 95.11 montre très clairement l'effet de coin que subi l'extrême EST de la cité où la vitesse de l'écoulement du vent atteint les 5.3m/s se qui es particulièrement inconfortable lorsque le piéton le franchit.

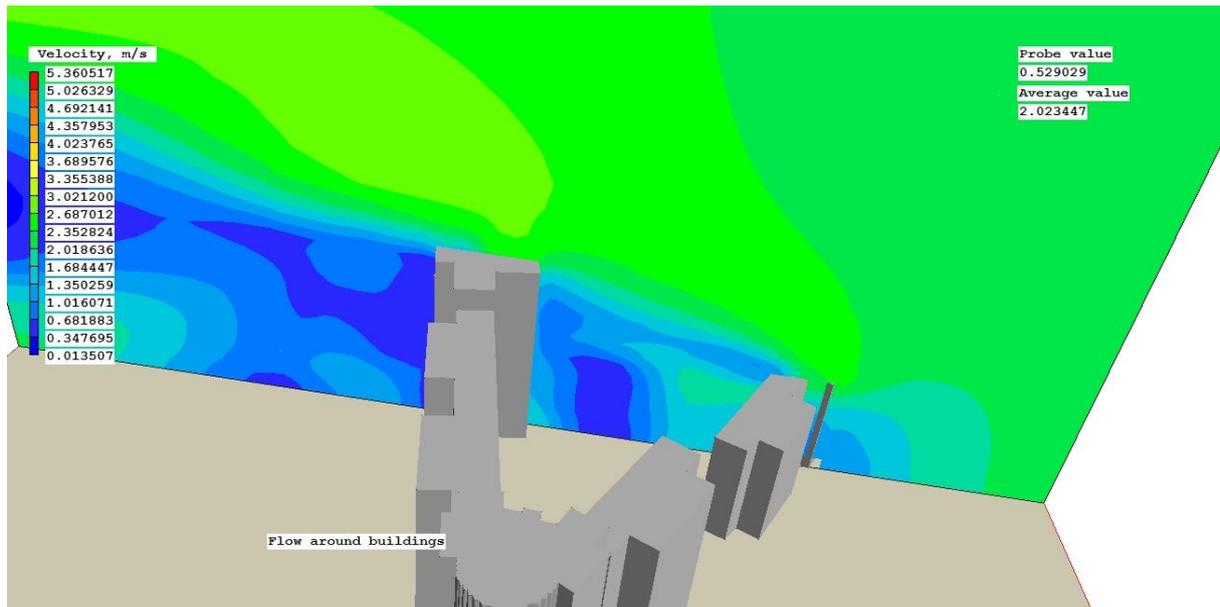


Fig. 95.12 – Vue verticale de l'écoulement de la frontière EST de la cité.



Fig. 95.13 – Représentation vectorielle des écoulements verticaux de la frontière EST de la cité.

Les figures 95.12 et 95.13 montre la formation de l'effet canyon au centre ou la vitesse de l'écoulement ne dépasse pas les 1.5m/s,aussi on peut constaté qu'il un effet de sillage au SUD de la cité ou la vitesse du vent ne dépasse pas les 1 m/s ,cela peut augmenté le risque de formation d'un îlot de chaleur a ces deux endroits de la cité ainsi que la concentration de la pollution.

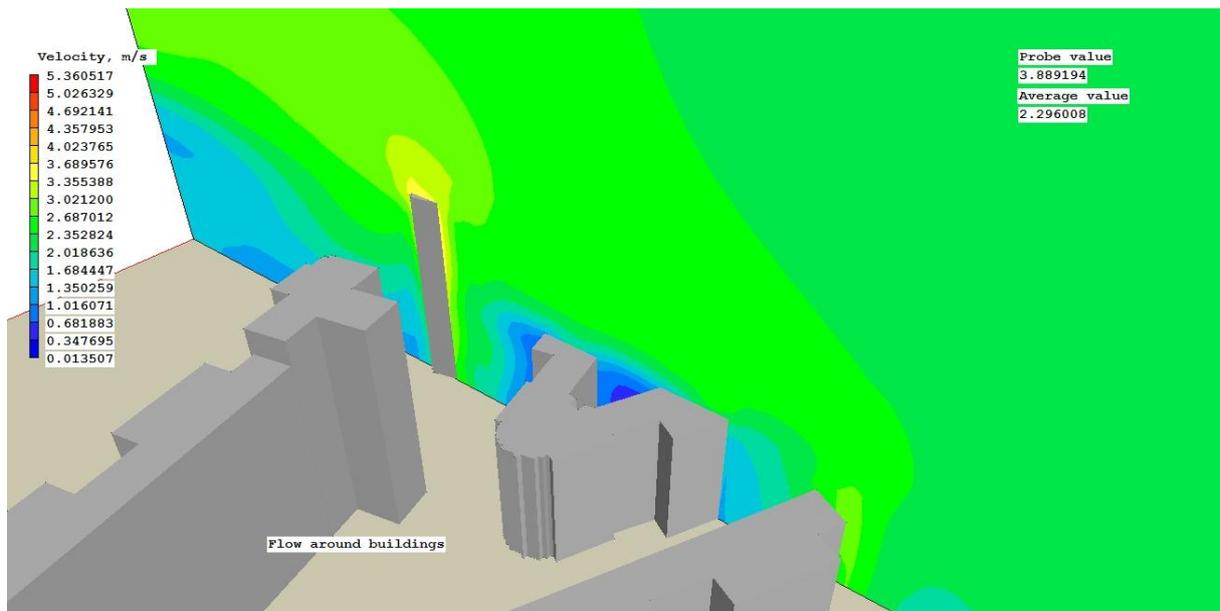


Fig. 95.14 – Vue verticale de l'écoulement de la frontière EST de la cité.

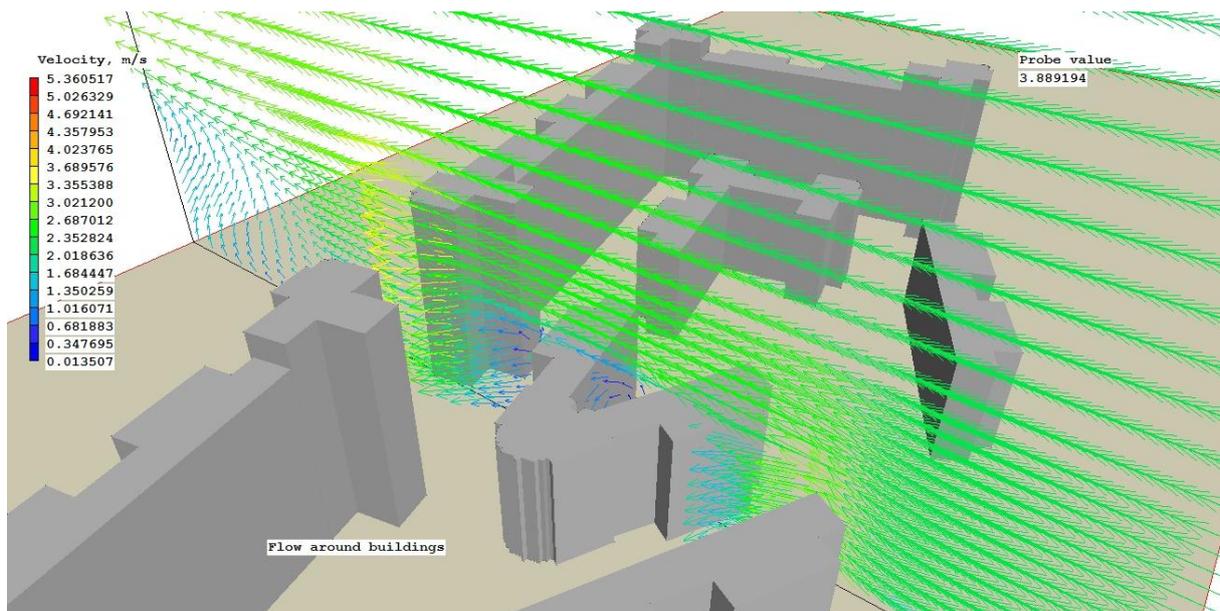


Fig. 95.15 – Représentation vectorielle des écoulements verticaux de la frontière EST de la cité.

Les figures 95.14 et 95.15 montre l'effet canyon situer au centre du bâtiment en « V » ou la vitesse du vent ne dépasse pas les 1m/s se qui peut constituer un risque de concentration de la pollution ,on peut aussi constaté l'effet de coin au niveau de la bais SUD de la cité ou la vitesse de l'écoulement atteint les 3.7 m/s se qui peut constituer un danger pour les habitants au niveau de leurs balcons et fenêtres.

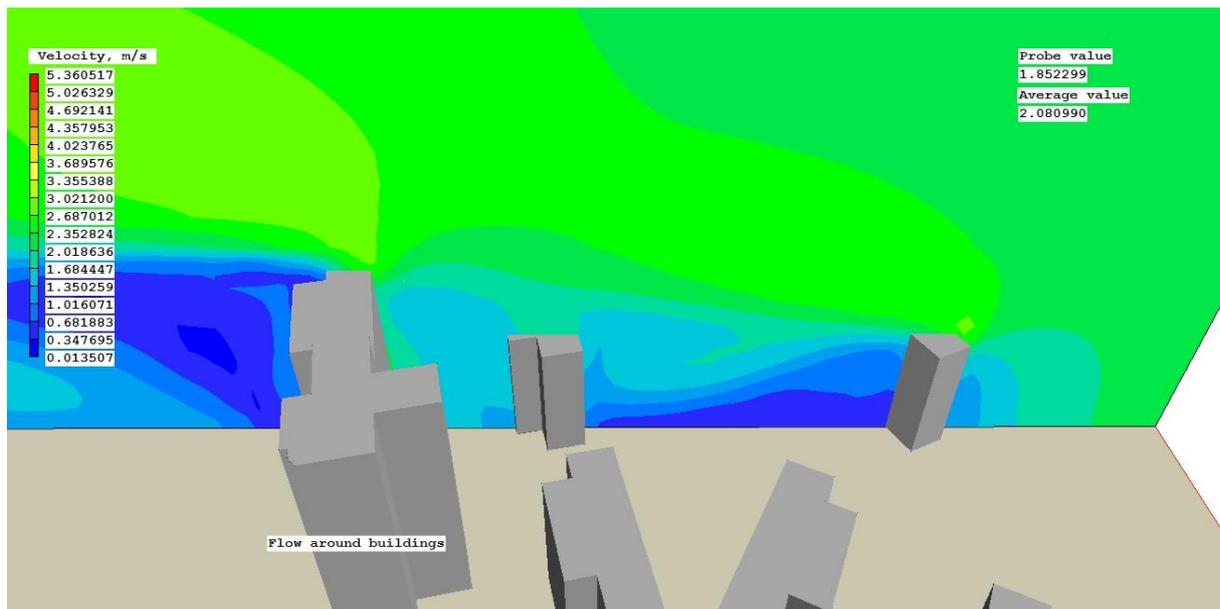


Fig. 95.16 – Vue verticale de l'écoulement de la frontière EST de la cité.

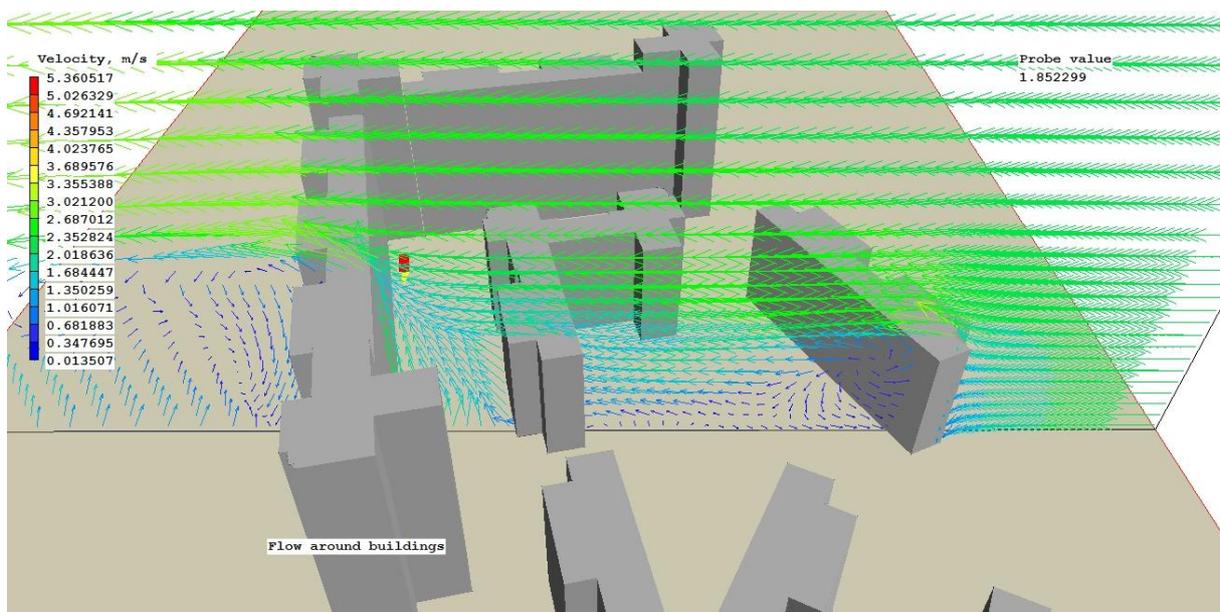


Fig. 95.17 – Représentation vectorielle des écoulements verticaux de la frontière EST de la cité.

Les figures 95.16 et 95.17 montrent l'apparition de deux rouleaux tourbillonnaires, le premier est situé derrière les deux bâtiments isolés au NORD de la cité où la vitesse de l'écoulement du vent ne dépasse pas les 1m/s et le second au SUD de la cité où la vitesse du vent ne dépasse pas les 1m/s aussi se qui augmente formtment le risque de concentration de la pollution et la formation d'îlot de chaleur urbain, on peut dire que ces bâtiments constituts des écrans pour la cité.

a-Sur l'axe y :

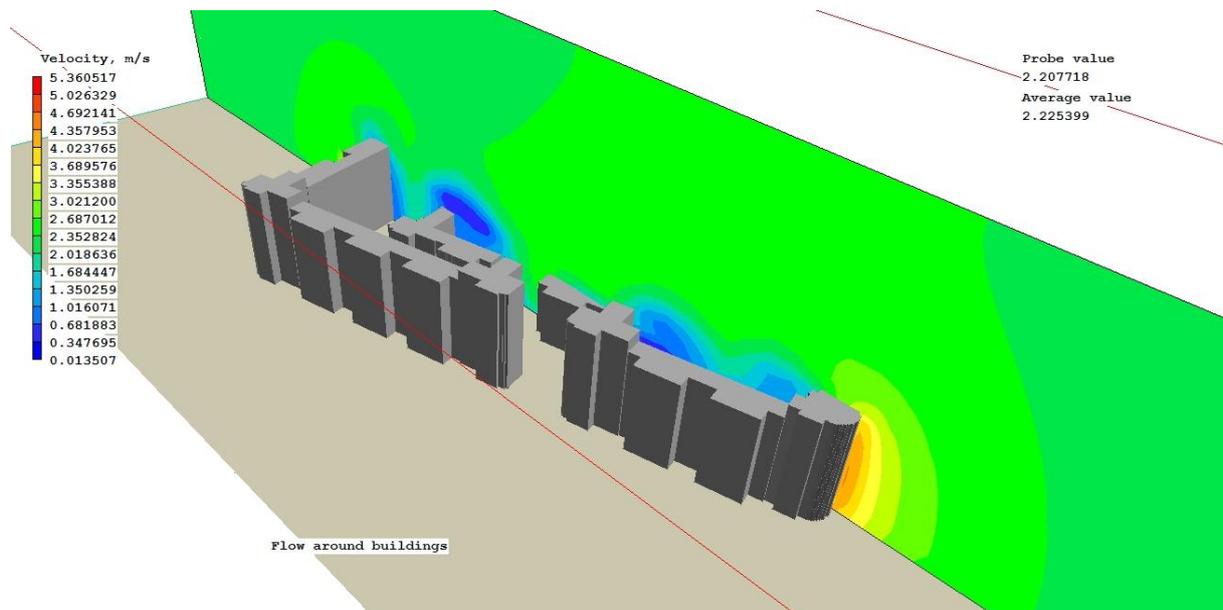


Fig. 95.18 – Vue verticale de l'écoulement de la frontière EST de la cité.

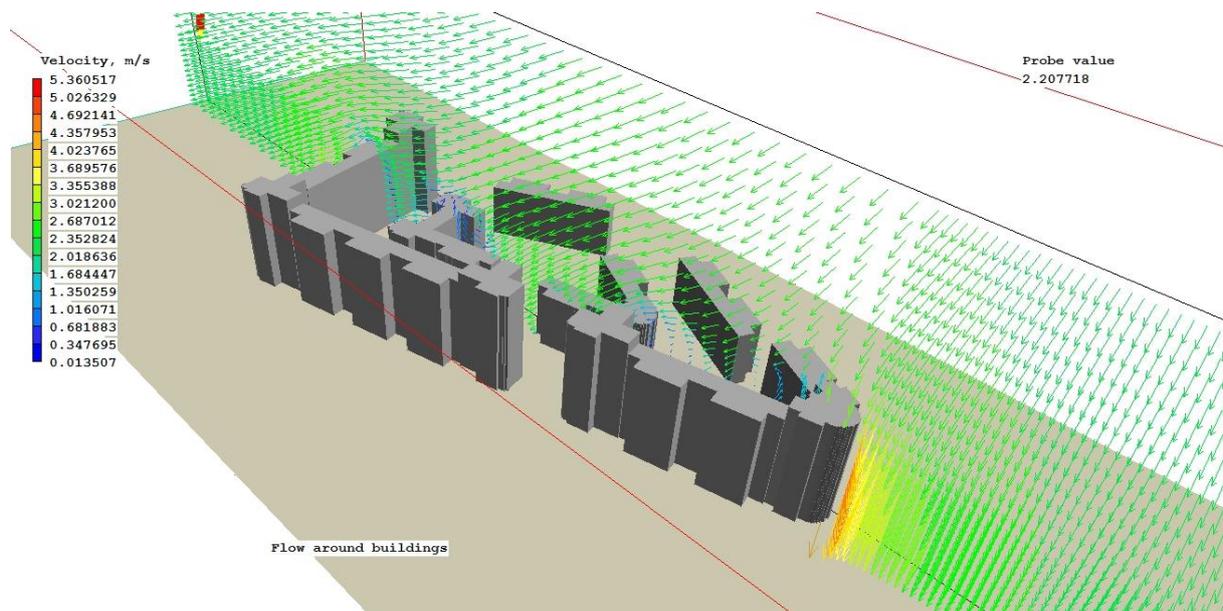


Fig. 95.19 – Vue verticale de l'écoulement à la frontière EST de la cité.

Les figures 95.18 et 95.19 montre qu'il y a des zones calmes au centre de la cité ou la vitesse de l'écoulement du vent ne dépasse pas les 1m/s dans sa totalité se qui augmente le risque de concentration de la pollution et la formation d'ilôt de chaleur urbain ainsi qu'un effet de coin à l'extrême EST de cette configuration urbaine où la vitesse du vent dépasse les 4.5m/s se qui représente un danger pour les habitants au niveau de leurs balcons et fenêtres et constitue un danger sur la sécurité des personnes en cas d'un vent plus violent que cette moyenne.

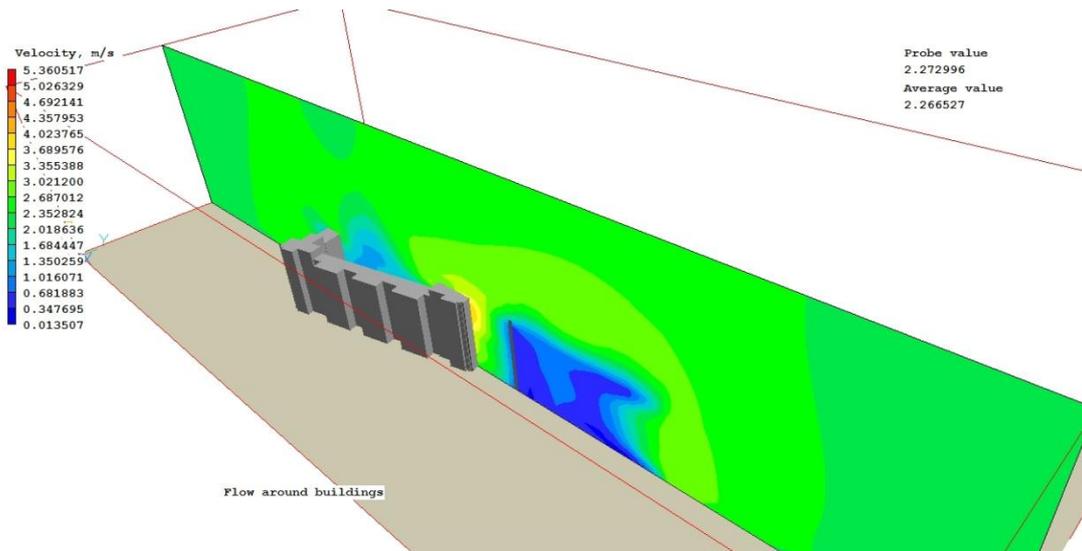


Fig. 95.20 – Vue verticale de l'écoulement de la frontière du vent a l'interieur et à l'extérieur de la cité.

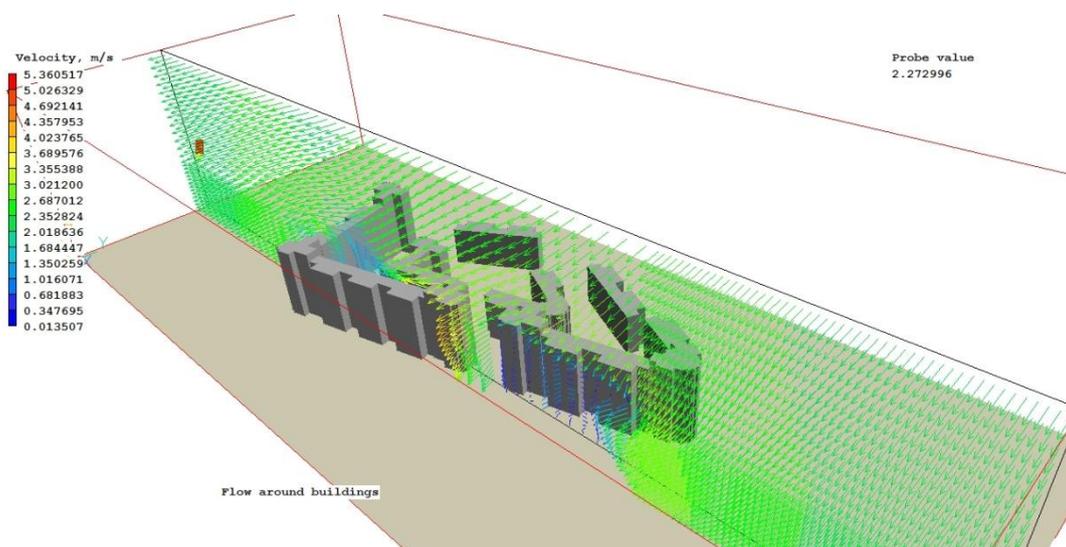


Fig. 95.21 – Vue verticale de l'écoulement de la frontière du vent a l'interieur et à l'extérieur de la cité.

Les figures 95.20 et 95.21 montre que les bâtiments représentent des écrans se qui nous a crée une zone calme au centre à l'OUEST de la cité et au SUD-EST de cette configuration urbaine où la vitesse de l'écoulement du vent ne dépasse pas les 0.5m/s se qui signifie qu'il y a une stagnation d'air ,cela vas augmenté le risque de la concentration de la pollution, d'autre part on remarque une augmentation de la vitesse du vent et l'apparition d'un effet de coin dans la bais SUD de la cité où la vitesse dépasse les 4m/s et cela à plus de 10m

de hauteur se qui peut constituer un danger pour les habitants au niveau de leurs balcons et fenêtres en cas de vent plus violent que cette moyenne observé.

IV.4.1.2 - Mois de septembre :

La vitesse de vent moyenne : 2.6 m/s.

La direction du vent donnait est Sud-Ouest.

a-Sur l'axe z :

Hauteur de la coupe à 1.5 m du sol :

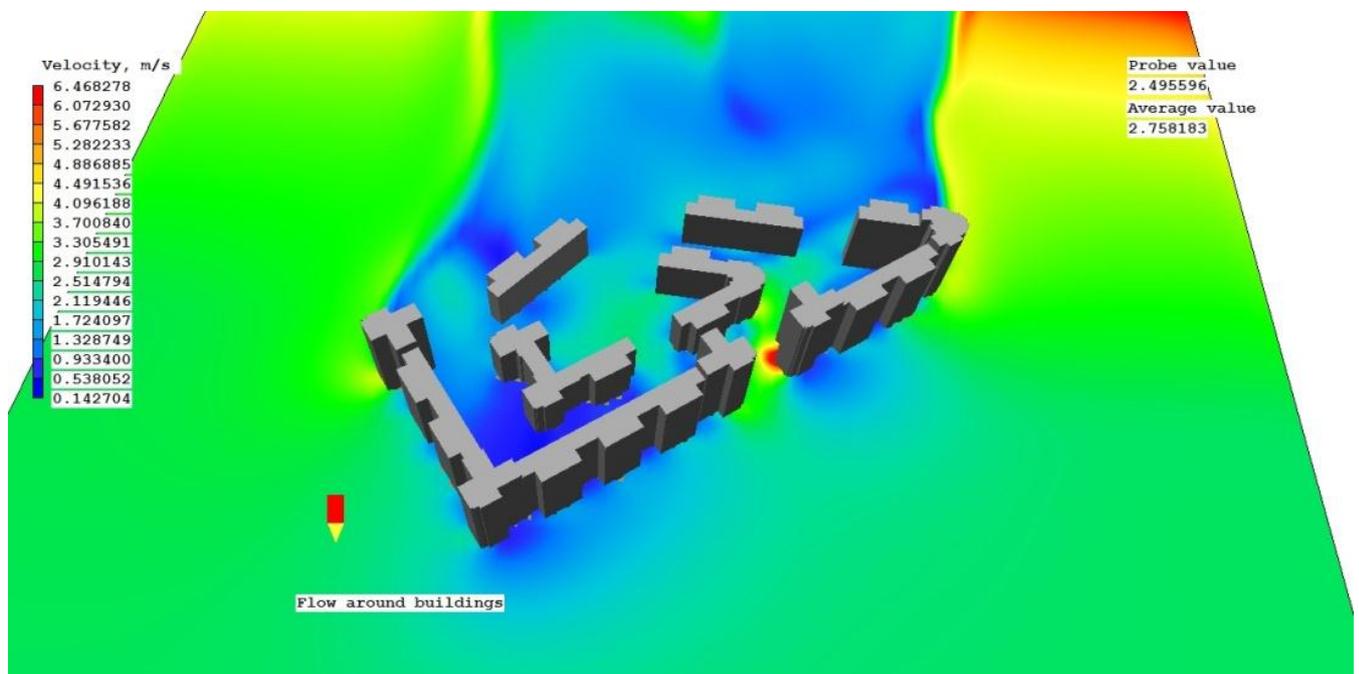


Fig.96 – Présentation de la simulation 3d de l'écoulement du vent autour de la cité en mode « continuous ».

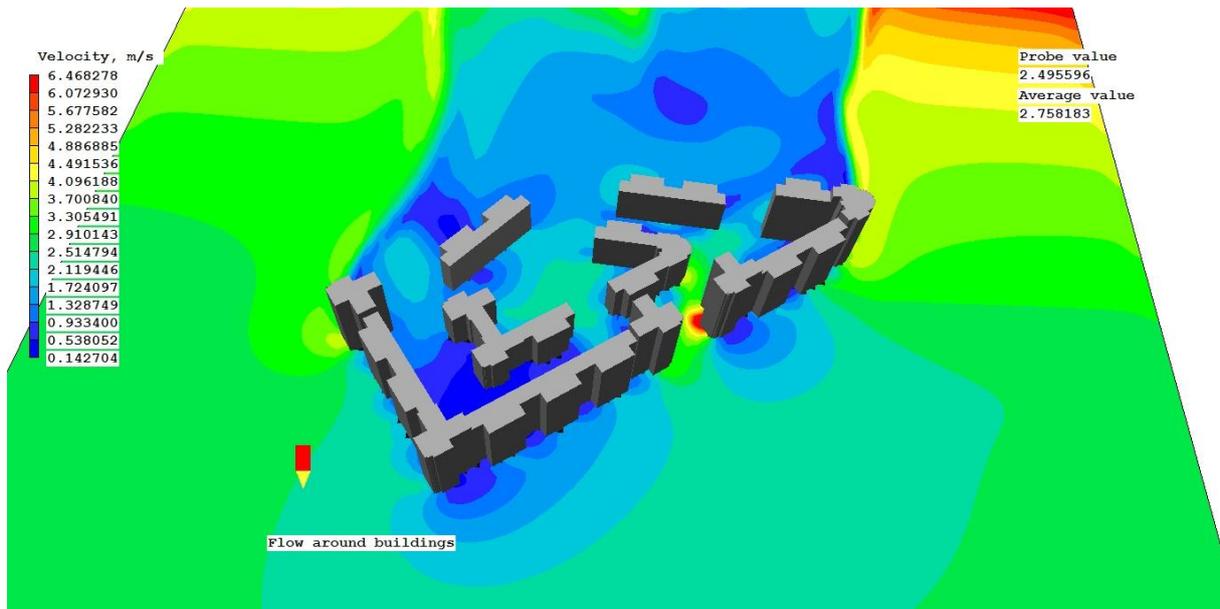


Fig. 96. 1 – Vue en 3D de l'écoulement du vent autour des bâtiments de la cité à 1.5 m au dessus du sol.



Fig. 96.2 – Vue en 3D de l'écoulement du vent avec vecteurs autour des bâtiments à 1.5 m au dessus du sol.

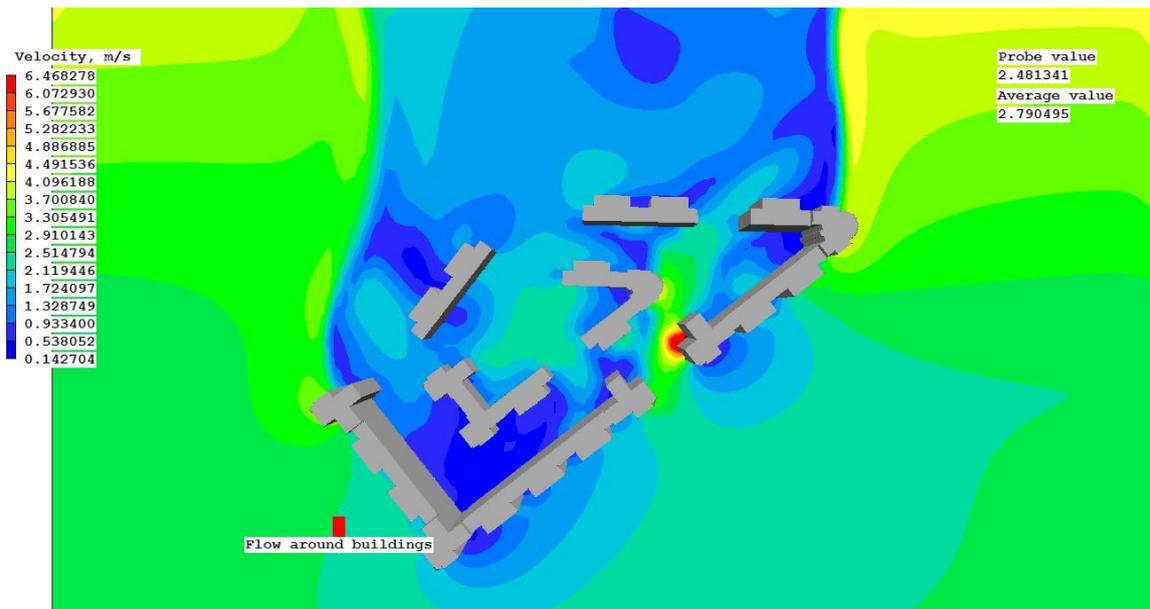


Fig. 96.3 – Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 1.5 m au dessus du sol.

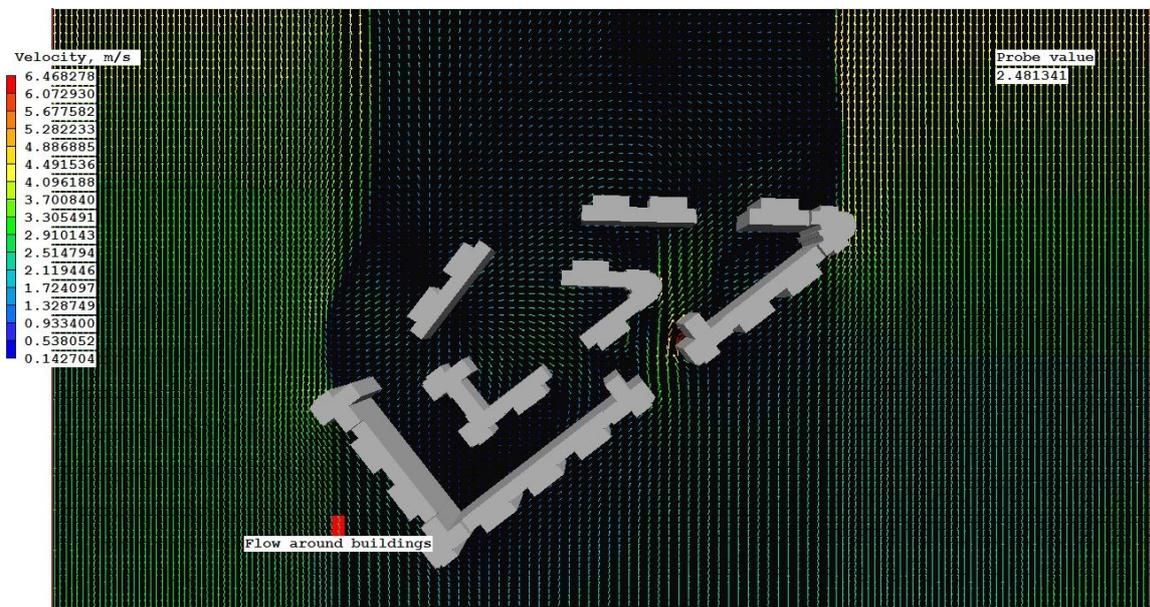


Fig. 96.4 – vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec vecteurs à 1.5m au dessus du sol.

A partir des figures 96, 96.1, 96.2, 96.3 et 96.4 on remarque qu'il y a un effet d'écran linéaire ainsi qu'un effet de coin sur le bâtiment au niveau de la baie SUD où la vitesse dépasse les 6m/s et qui s'étend sur 50 m vers l'intérieur de la cité vers l'angle du bâtiment en « V » où on constate aussi un effet de coin ou la vitesse atteint les 4.8 m/s, cela constitue une

vitesse importante où on peut remarqué le soulèvement de la poussière et les feuilles de papier et constitut une gêne pour les piétons (cheveux en désordre).

On peut constaté que les bâtiment au SUD constitut des écrans pour l'intérieur de la cité où on peut relevé des zone calme au niveau au niveau du centre des bâtiments en angle et au niveau du SUD-OUEST de la cité où la vitesse de l'écoulement du vent ne dépasse pas les 1m/s se qui constitut un risque de concentration de la pollution.

Hauteur de la coupe à 10 m du sol :

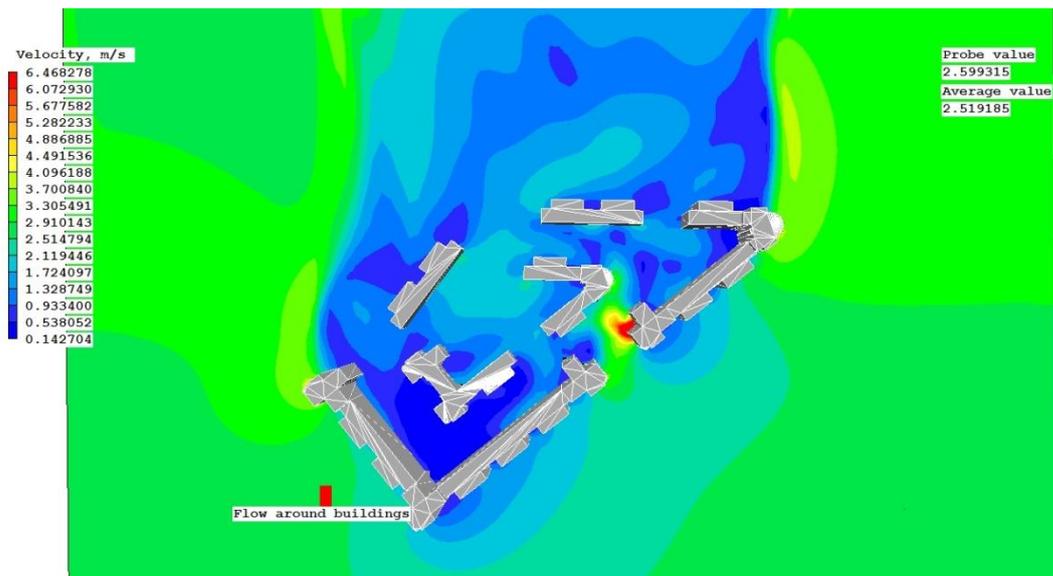


Fig. 96.5 – Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 10 m au dessus du sol.

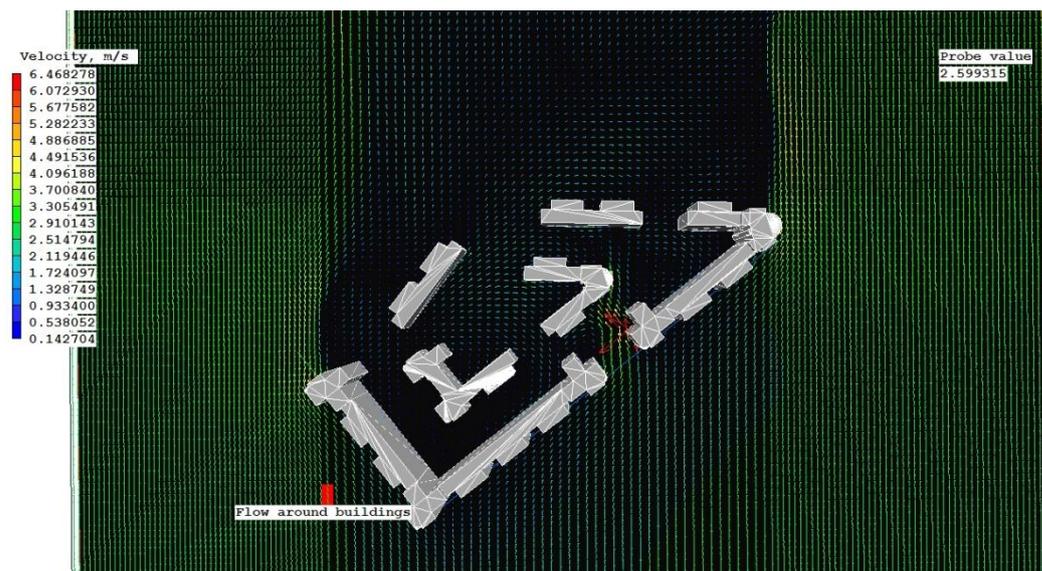


Fig. 96.6 – vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec les vecteurs à 10 m au dessus du sol.

A 10m de hauteur ,les mêmes phénomènes sont observés qu'à la hauteur de 1.5m mise a part leurs amplifications et l'apparition d'un effet de sillage a l'EST a l'intérieur de la cité où la vitesse de l'écoulement du vent ne dépasse pas les 1m/s se qui peut provoqué une concentration de la pollution a ces endroits (voir figures 96.5 et 96.6).

Hauteur de la coupe à 20 m du sol :

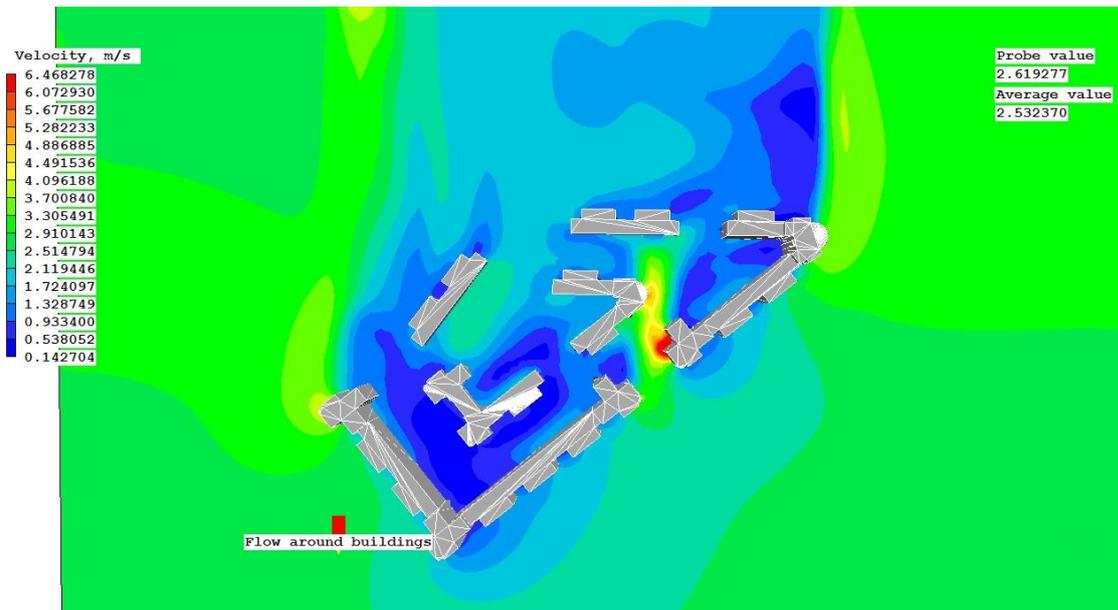


Fig. 96.7 – Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 20 m au dessus du sol.

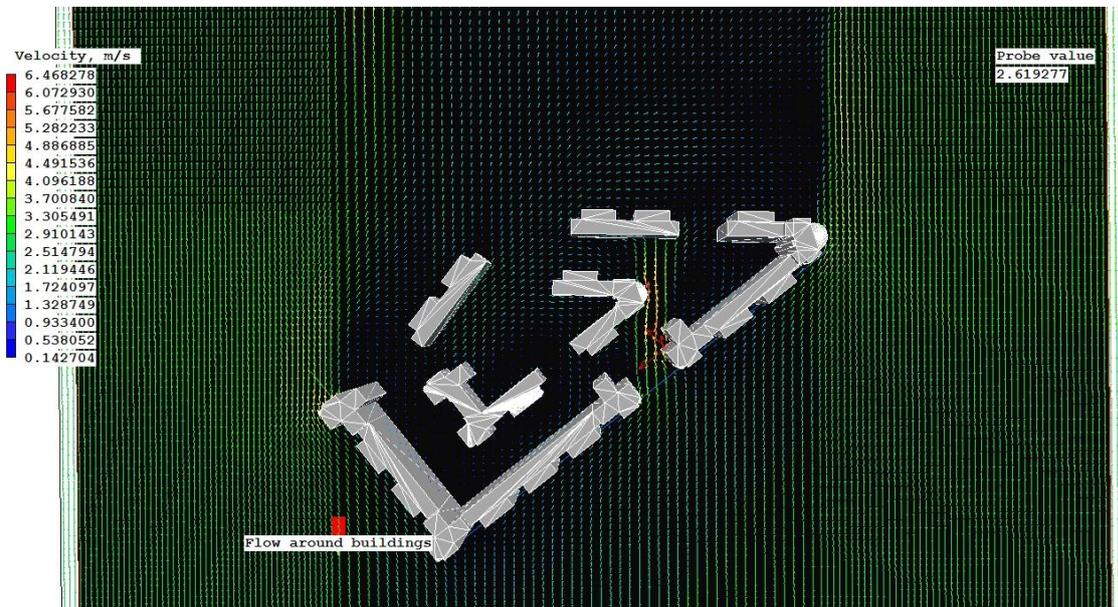


Fig. 96.8 – vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec vecteurs à 20 m au dessus du sol.

A 20m de hauteur ,les mêmes phénomènes sont observés qu'à la hauteur de 10 m mise a part leurs amplifications et l'apparition d'une fusion partiel des deux effets de coin sur la même trajectoire de l'écoulemnt sur l'angle des trois bâtiment en forme de « V » au centre EST de la cité avec celui de la bais SUD où la vitesse du vent atteint son maximum à 6.4m/s cela aura pour effet la sensation du vent sur le corp, le risque que les persiennes se heurtes aux fenêtres et un danger potentiel pour les usagers des balcons en cas de vent plus violent que cette moyenne (voir figures 96.7 et 96.8).

Hauteur de la coupe à 28 m du sol :

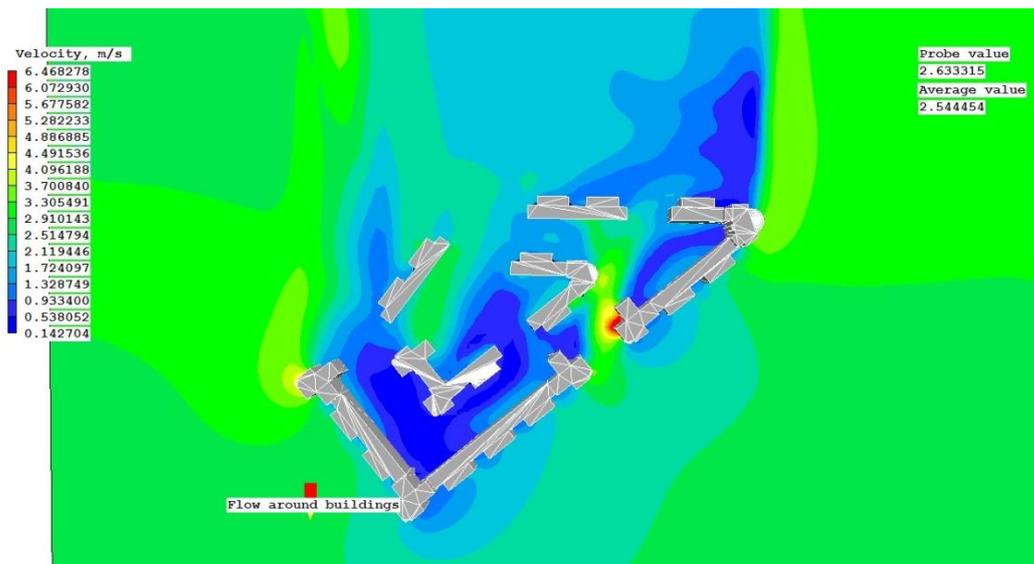


Fig. 96.9 – Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 28 m au dessus du sol.



Fig. 96.10 – vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec vecteurs à 28 m au dessus du sol.

A 28m de hauteur ,les mêmes phénomènes sont observés qu'a la hauteur de 20 m mise a part une diminution de leurs amplitude, le rétrécissement de l'effet de sillage au centre EST de la cité et la dissipation du phénomène de fusion entre les deux effets de coins au SUD de la cité où la vitesse de l'écoulement du vent a bésé jusqu'à 4m/s comme valeur maximal est cela au centre de la cité (voir figures 96.9 et 96.10).

Hauteur de la coupe à 45 m du sol :

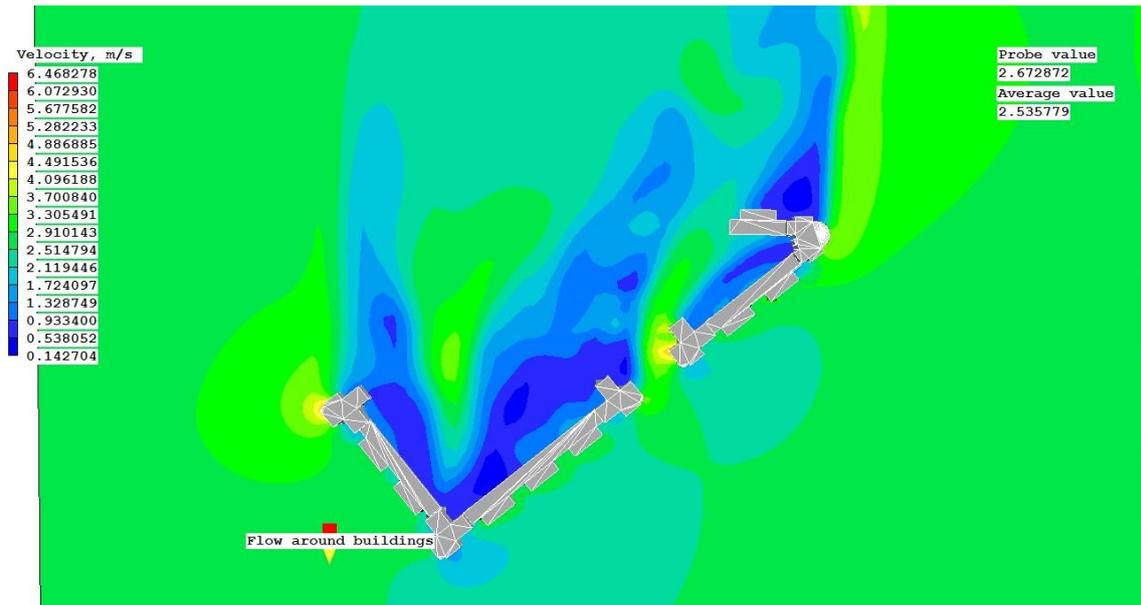


Fig. 96.11 – Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 45 m au dessus du sol.

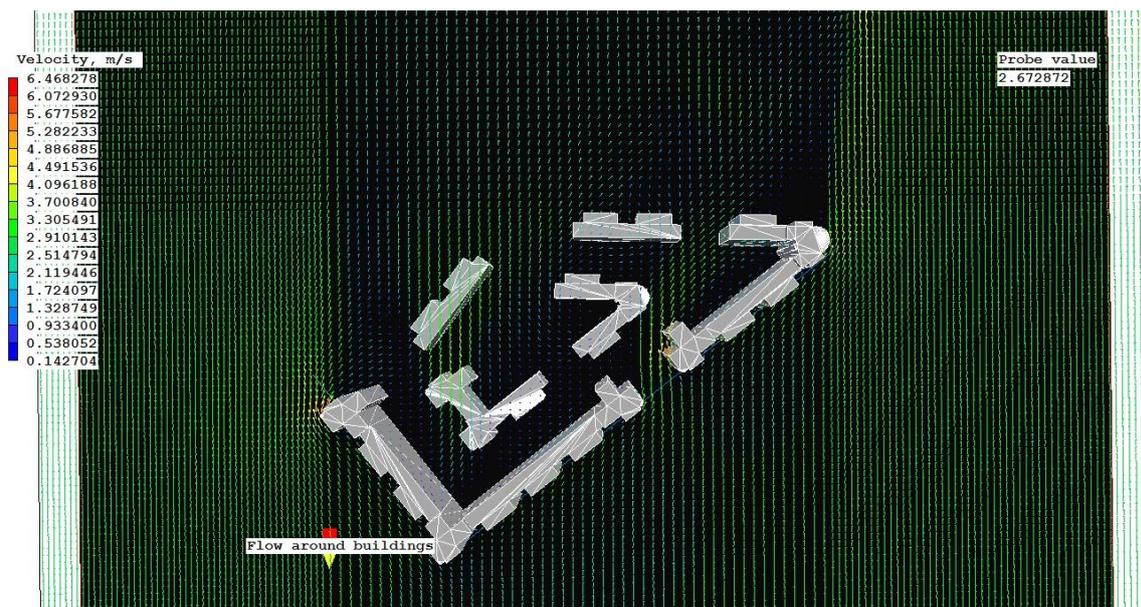


Fig. 96.12 – vue en plan de la vitesse et la direction de lécoulement du vent avec vecteurs à 45m au dessus du sol.

A 45m de hauteur ,les mêmes phénomènes sont observés qu'a la hauteur de 28 m mise a part une diminution de l'amplitude et encore le rétrécissement de l'effet de sillage au centre EST de la cité, on observe aussi un étalement de la zone de l'effet de coin au niveau de la bais SUD vers l'EST a l'interieur de la cité qui apparait en forme de « S » renversé et qui constitue une vitesse de vent confortable qui es de 3m/s (voir figures 96.11 et 96.12).

b-Sur l'axe x :

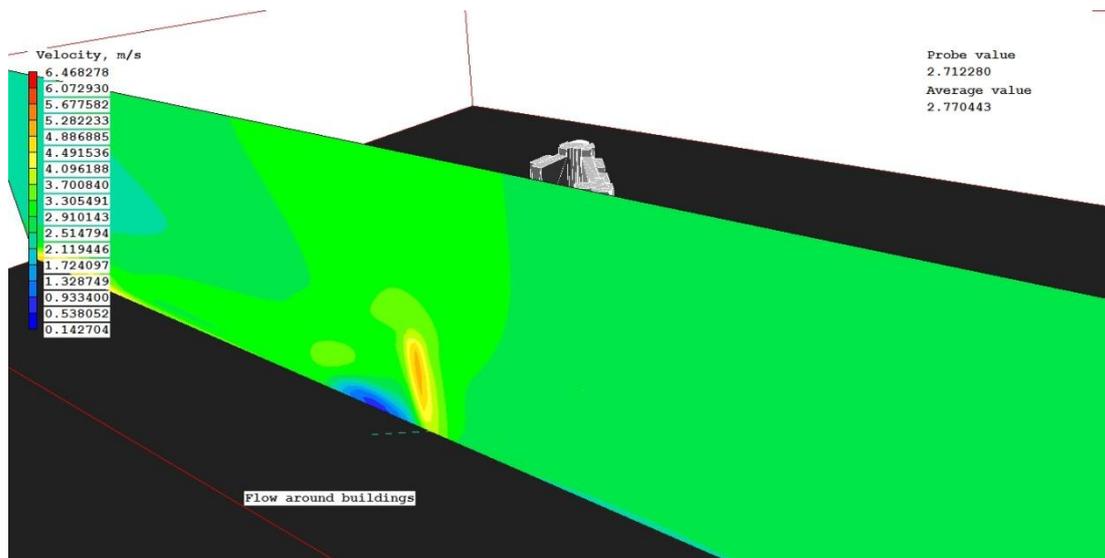


Fig. 96.13 – Représentation de l'action de lécoulement du vent à la limite OUEST de la cité.

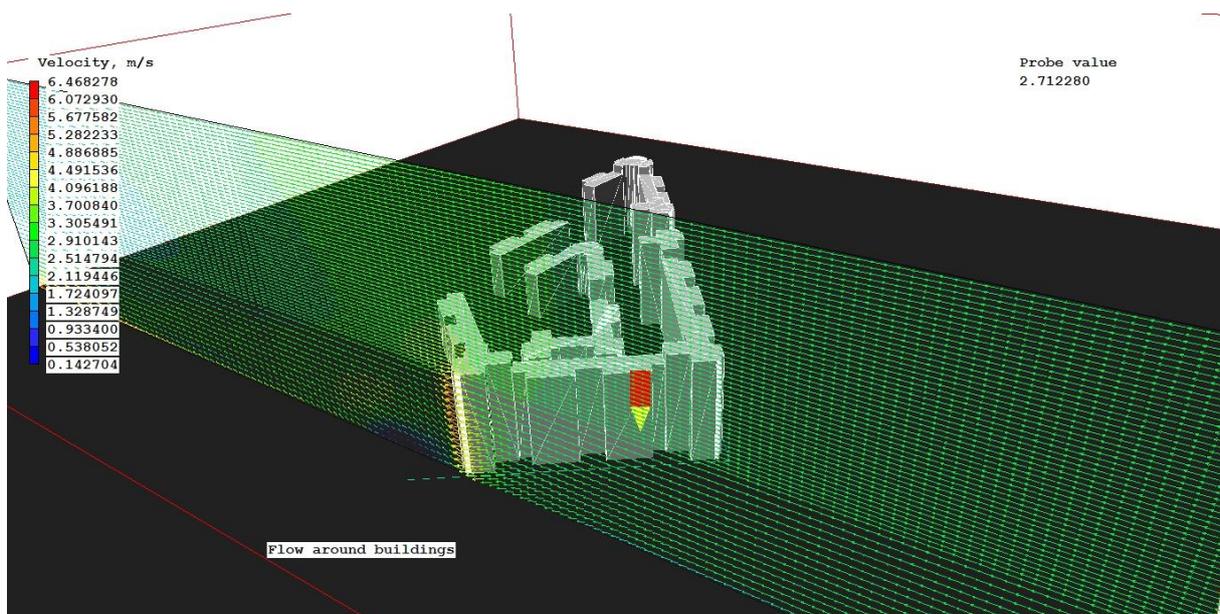


Fig. 96.14– Représentation des écoulements verticaux du vent à la limite OUEST de la cité.

Les figures 96.13 et 96.14 montre l'effet de coin que subi l'extrême limite OUEST de la cité où la vitesse dépasse les 5m/s se qui peut particulièrement inconfortable lorsque lorsque le piéton le franchit.

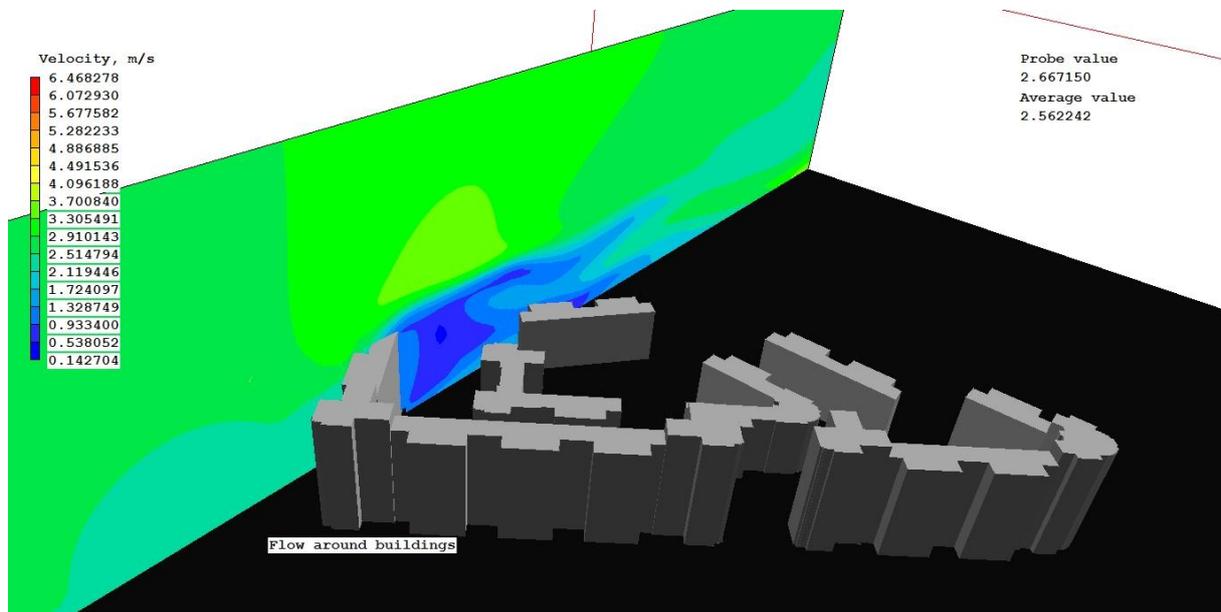


Fig. 96.15 – Représentation des écoulements verticaux du vent a l'intérieur de la cité.

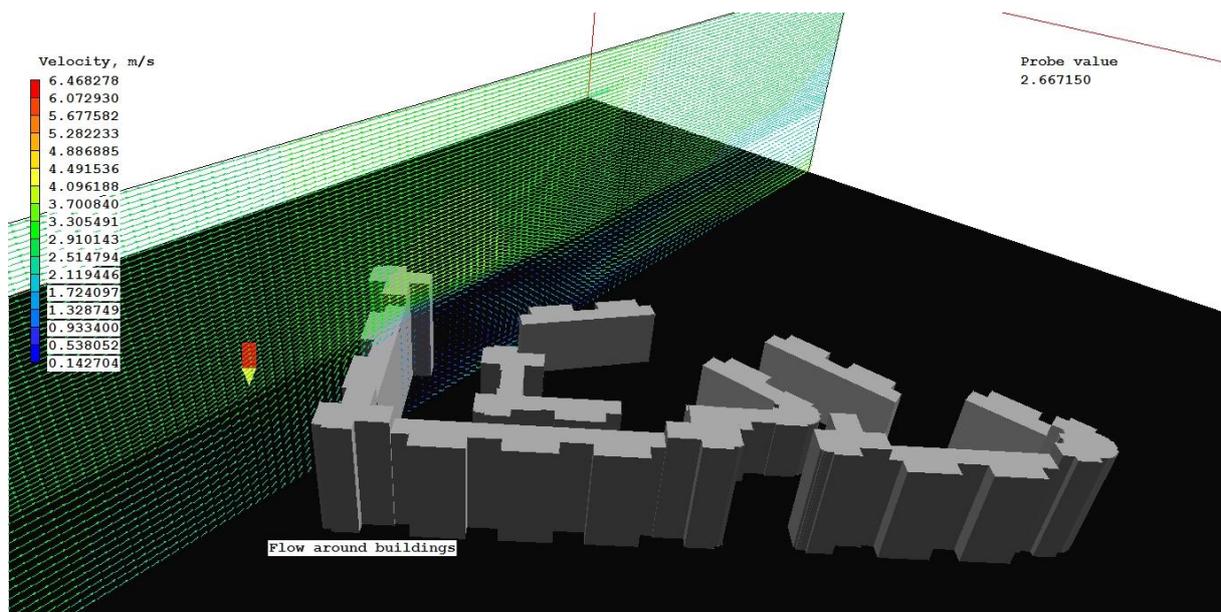


Fig. 96.16 – Résultats de l'action de l'écoulement du vent a l'intérieur de la cité.

Les figures 96.15 et 96.16 montre la formation d'un rouleau tourbillonnaire et cela a partir d'une hauteur de plus de 10m, la vitesse de l'écoulement du vent à 1.5m du sol à l'intérieur de la cité es de 2 à 2.5m/s se qui semble être acceptable pour le confort des piétons

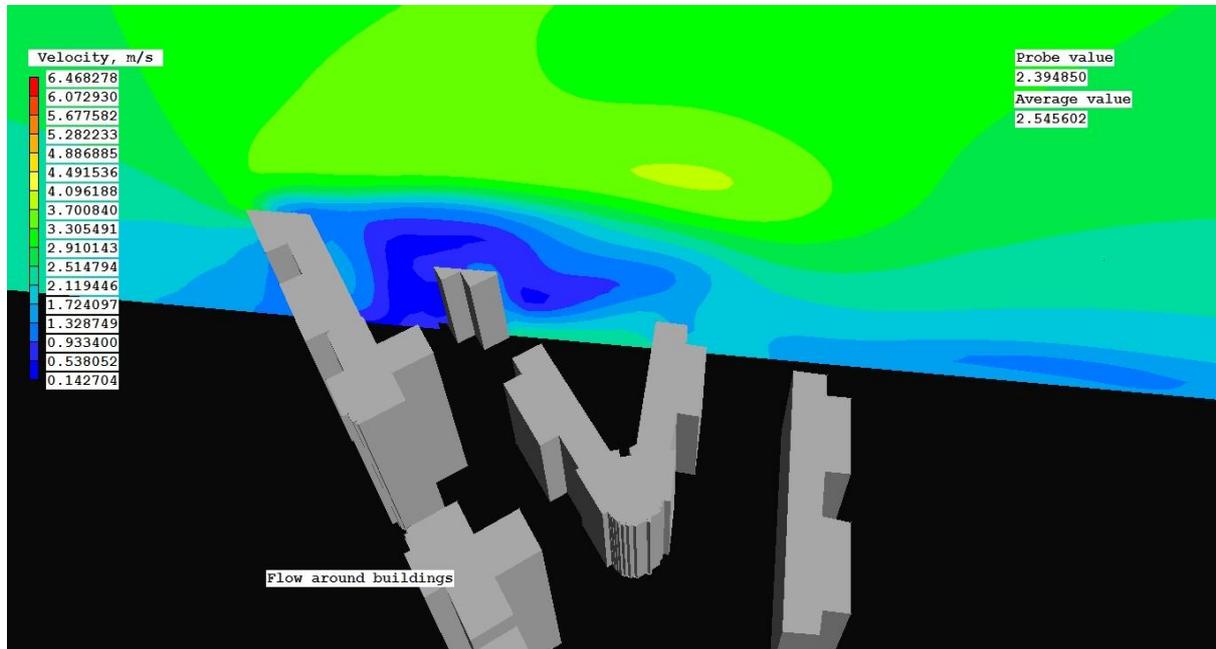


Fig. 96.17 – Représentation des écoulements verticaux du vent a l'intérieur de la cité.

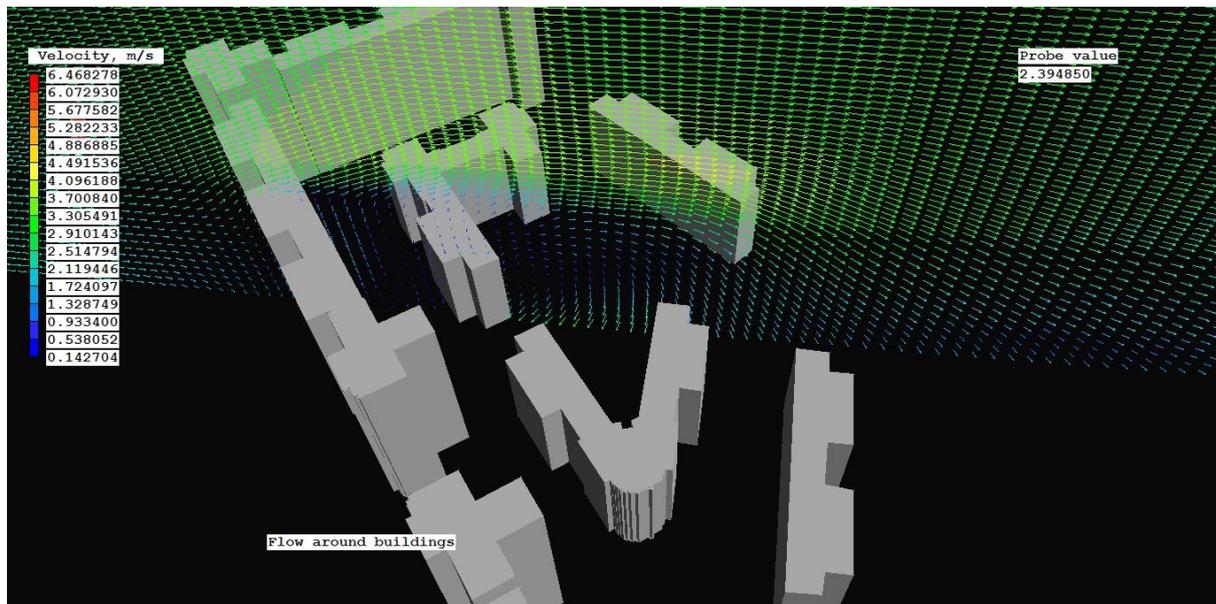


Fig. 96.18 – Représentation en vecteurs de l'action de l'écoulement du vent a l'intérieur de la cité.

Les figures 96.17 et 96.18 montre la formation d'un rouleau tourbillonnaire au centre de la cité où la vitesse de l'écoulement aéraulique est dans des paramètres acceptables 2 à 3m/s ,on remarque aussi l'apparition d'un effet canyon au SUD de la cité où la vitesse de l'écoulement du vent est inférieure a 1m/s a l'échelle du piéton se qui réduit le taux de renouvellement d'air dans cette espace et favorise la concentration de la pollution.

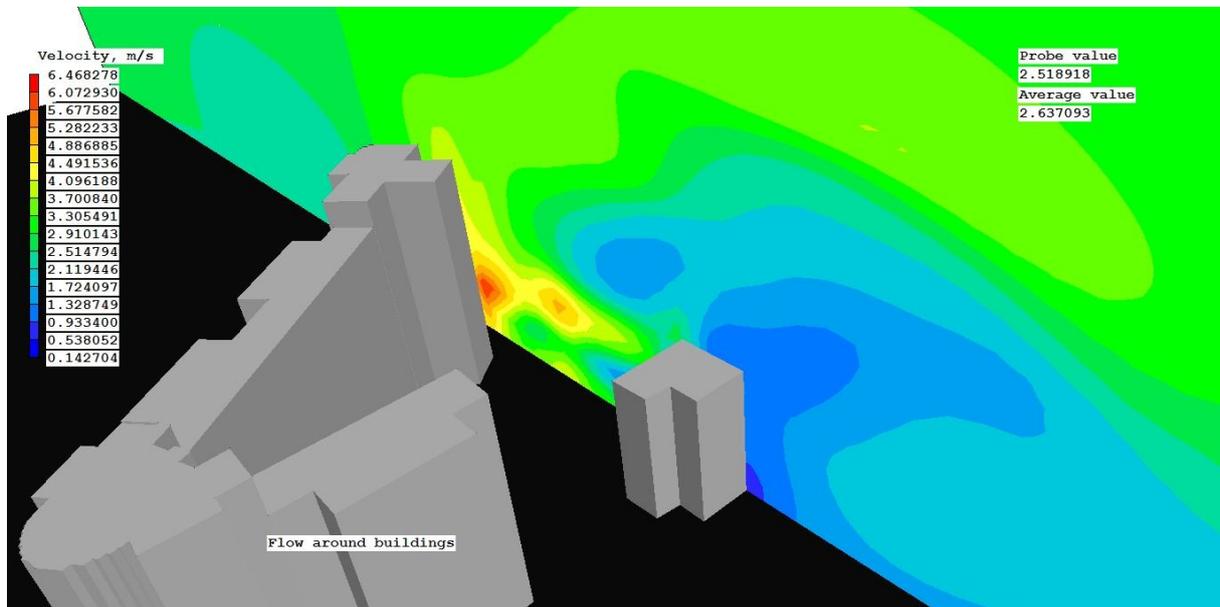


Fig. 96.19 – Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de l'ouverture SUD de la cité.

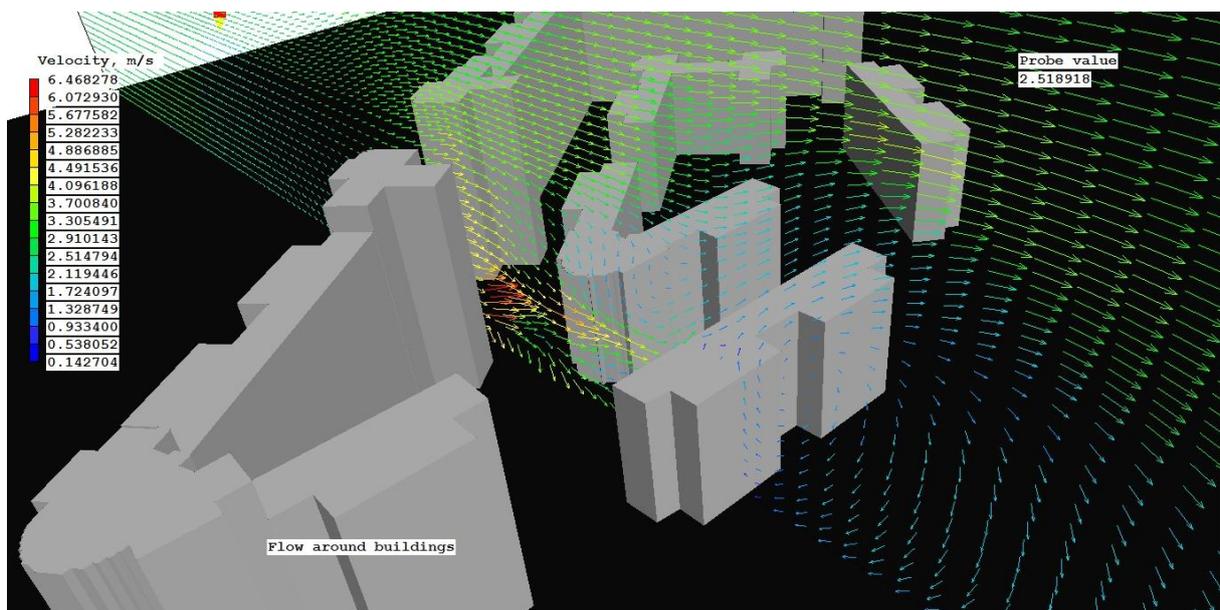


Fig. 96.20 – Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau del'ouverture SUD de la cité.

Les figures 96.19 et 96.20 montre la fusion partiel des effets de coin où la vitesse de l'écoulement aéraulique dépasse les 6m/s se qui est particulièrement inconfortable lorsque le piéton le franchit, d'autre part on remarque la formation d'un rouleau tourbillonnaire au NORD-EST de la cité où la vitesse de l'écoulement du vent ne dépasse pas les 2m/s.

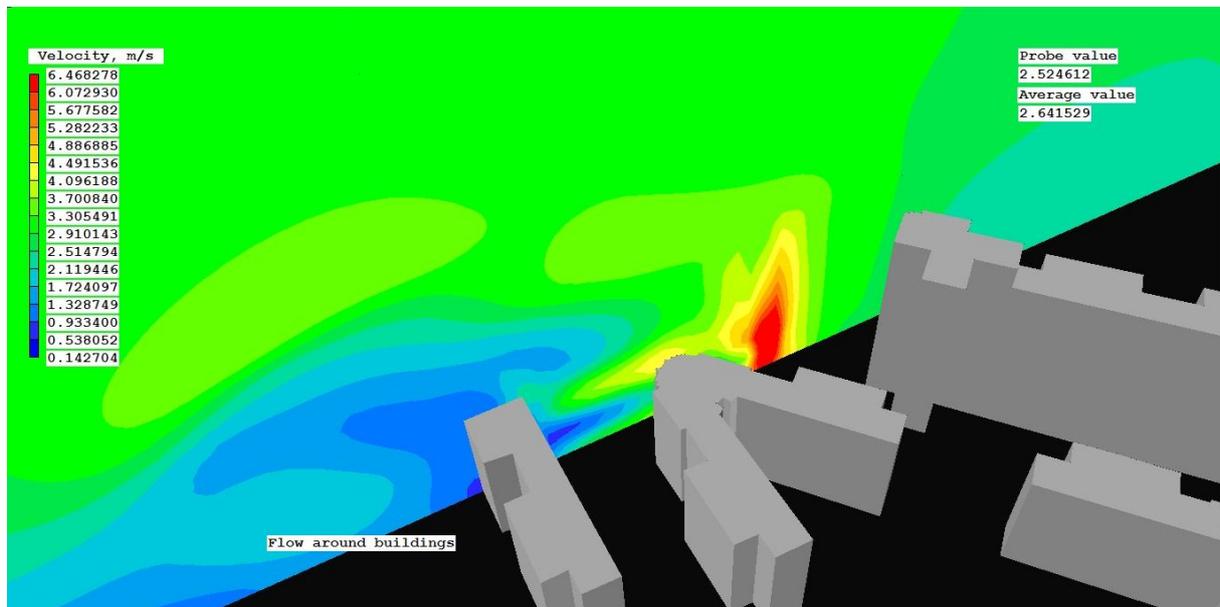


Fig. 96.21 – Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de l'ouverture SUD de la cité.

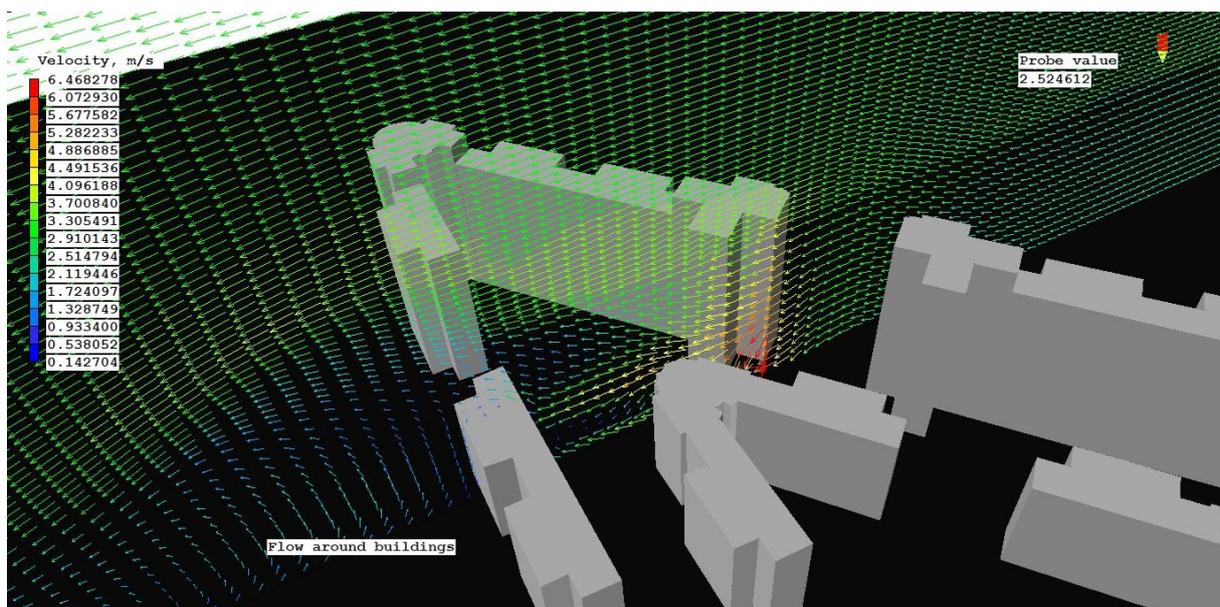


Fig. 96.22 – Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de l'ouverture SUD de la cité.

Les figures 96.21 et 96.22 montre la forte accélération de l'écoulement aéraulique pour l'effet de coin où la vitesse dépasse les 6.4m/s au niveau de la bais SUD de la cité se qui cause des gênes pour les piétons.

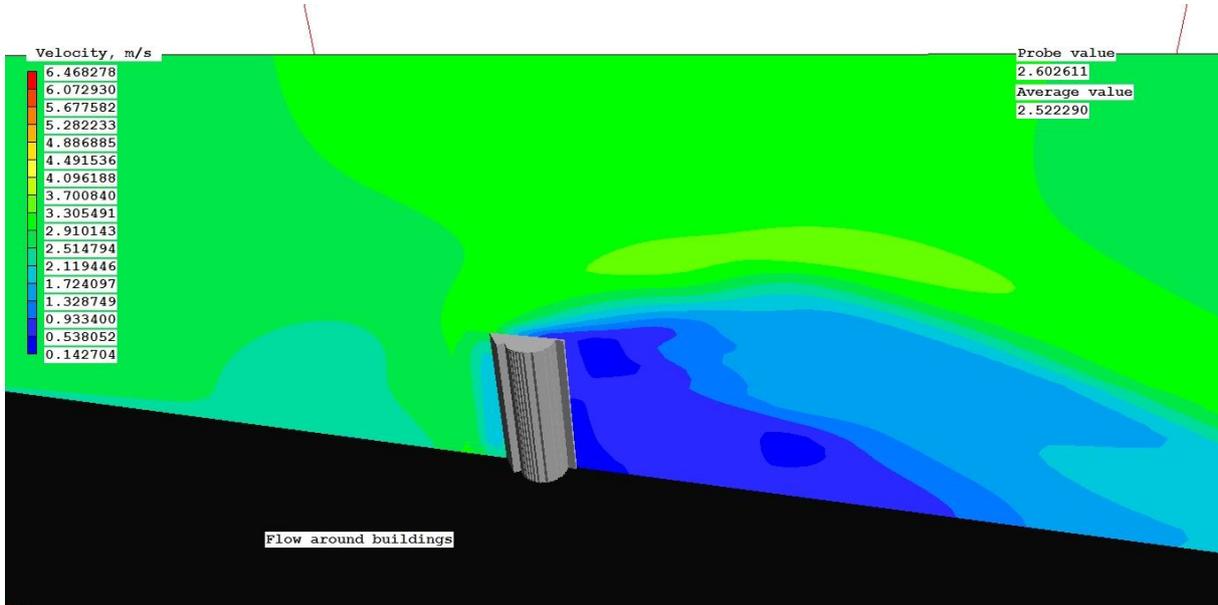


Fig. 96.23 – Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite EST de la cité.

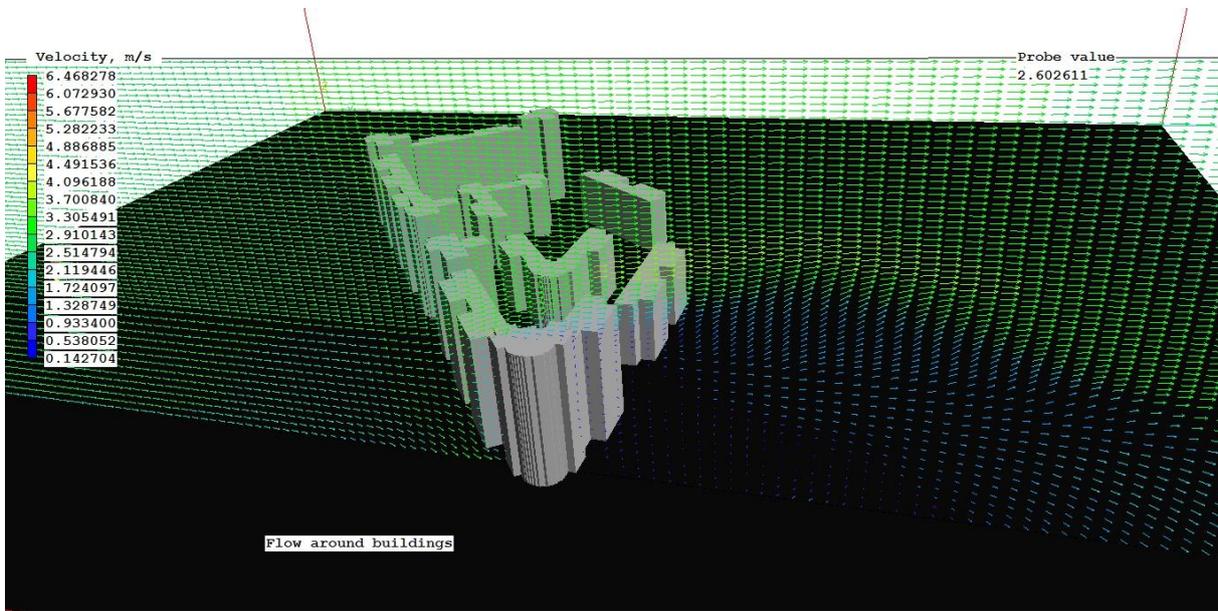


Fig. 96.24 – Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite EST de la cité.

Les figures 96.23 et 96.24 montre l'effet d'écran linéaire et la zone calme dégagé au Nord où la vitesse de l'écoulement aéraulique ne dépasse pas les 2.5m/s.

c-Sur l'axe y :

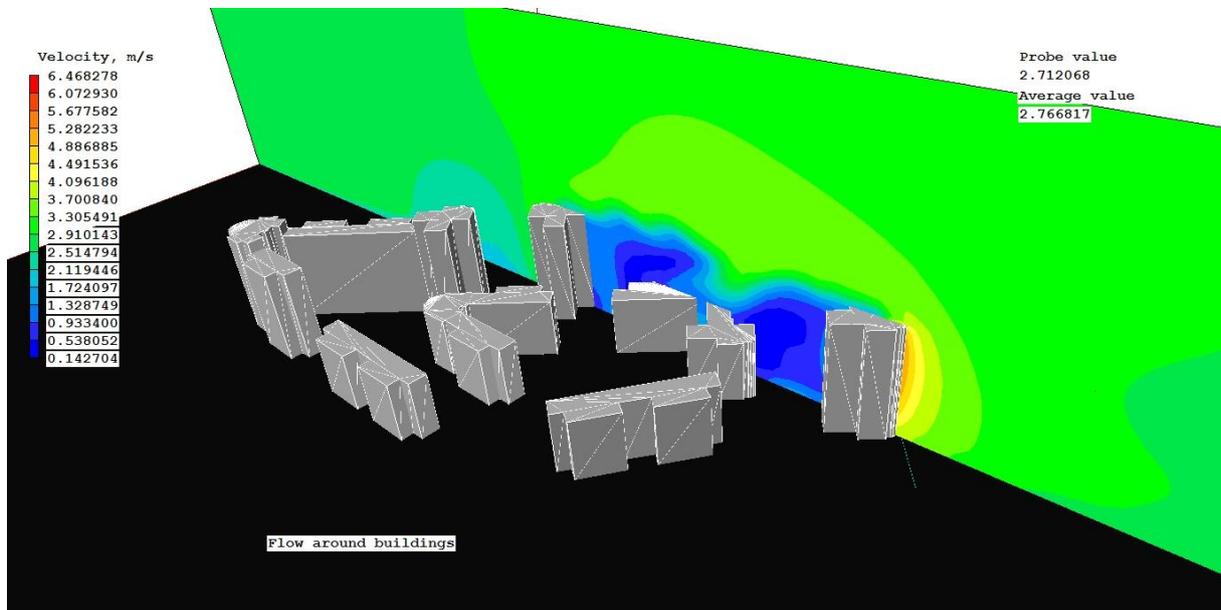


Fig. 96.25 – Représentation des écoulements verticaux du vent a l'intérieur de la cité.

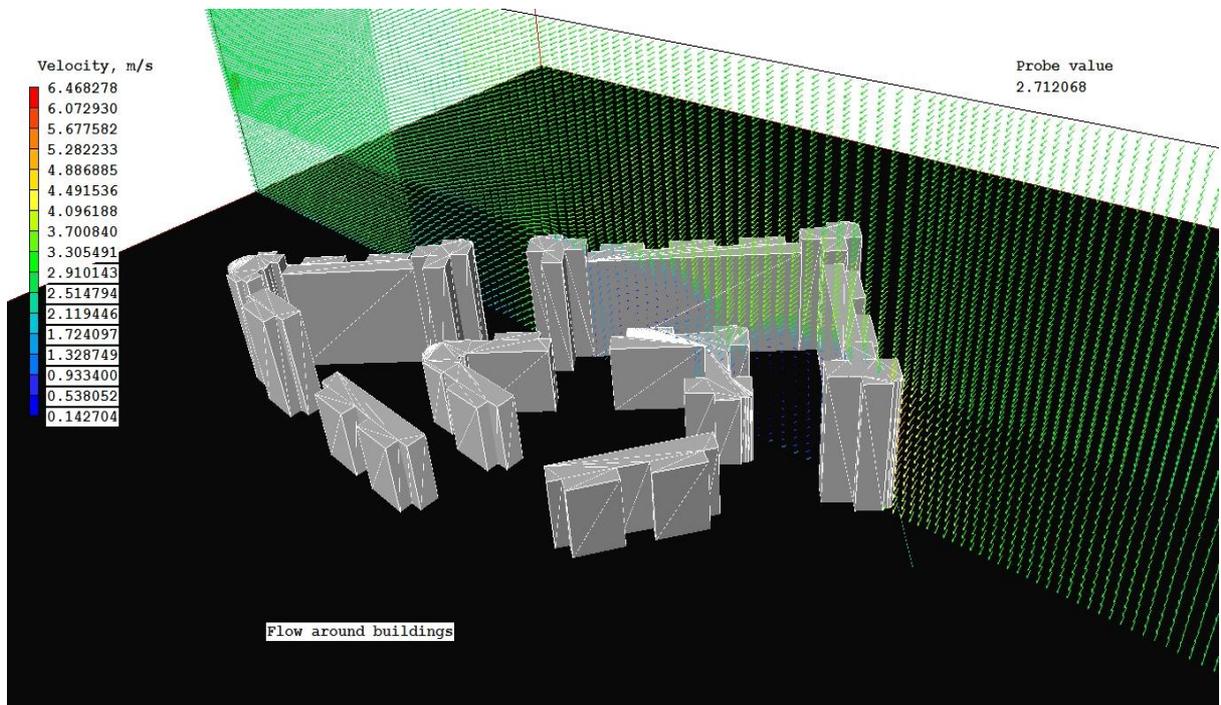


Fig. 96.26 – Représentation des écoulements verticaux du vent a l'intérieur de la cité.

Les figures 96.25 et 96.26 montre l'accélération due à l'effet de coin où la vitesse de l'écoulement atteint les 5m/s et cela pour l'extrême OUEST de la cité ainsi que l'effet canyon présent au centre de cette dernière où la vitesse de l'écoulement aéraulique ne dépasse pas les 1m/s se qui augmente considérablement le risque de formation d'ilôt de chaleur ainsi que la concentration de la pollution.

IV.4.1.3 - Mois de décembre :

La vitesse de vent moyenne: 2.8 m/s.

La direction du vent donnait est Nord-Ouest.

a-Sur l'axe z :

Hauteur de la coupe à 1.5 m du sol :

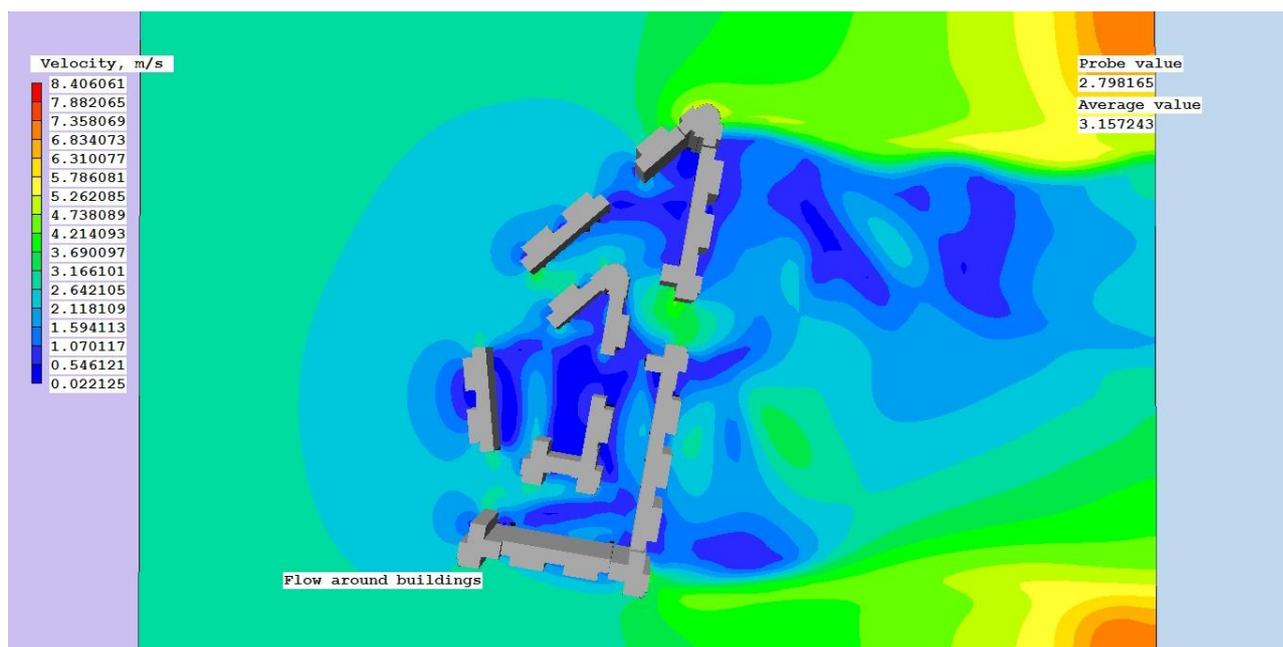


Fig. 97 – Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 1.5 m au dessus du sol.

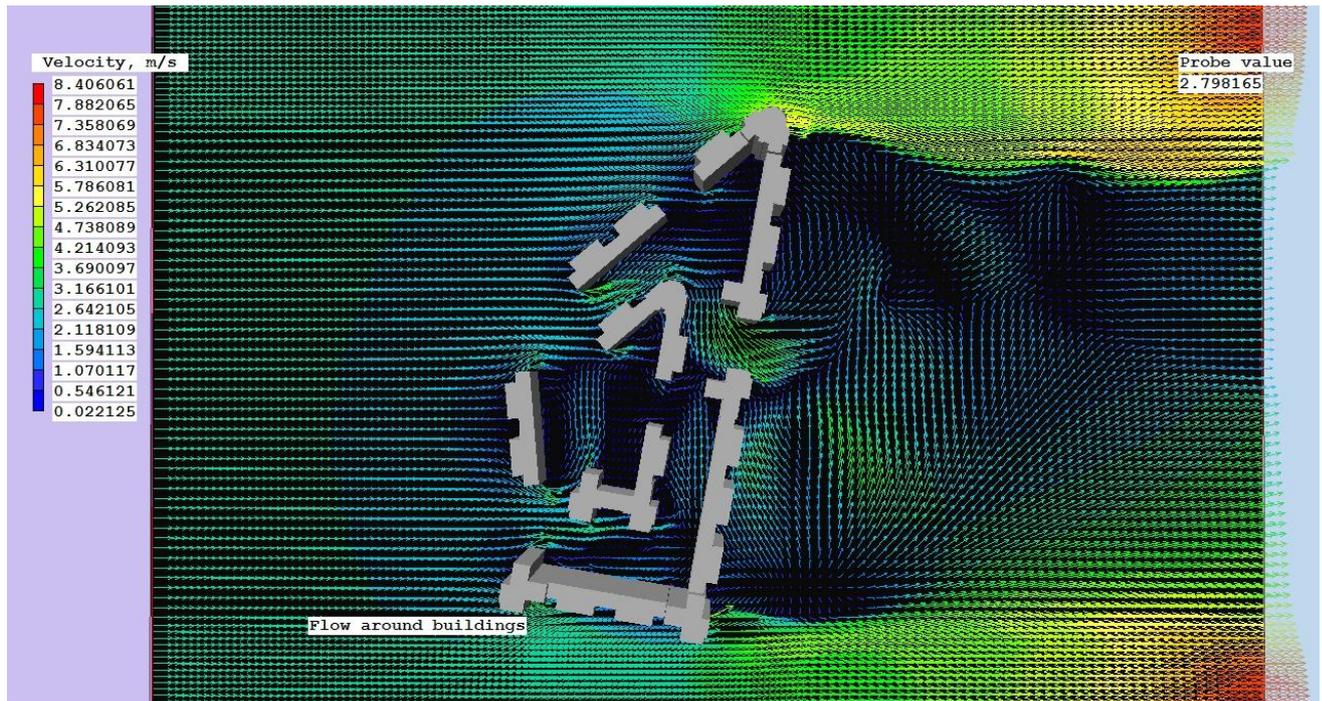


Fig. 97.1 – vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec vecteurs à 1.5m au dessus du sol.

A partir des figures 97 et 97.1 on peut remarquer qu'il y a derrière les deux bâtiments isolés au NORD-OUEST un effet de sillage ou la vitesse dépasse les 4m/s dans les deux coins de ces derniers ce qui cause des niveaux d'inconfort plus élevés pour les piétons, par ailleurs on constate un effet Venturi au niveau des ouvertures NORD, NORD-OUEST et SUD où la vitesse de l'écoulement du vent est comprise entre 3 et 4.7 m/s ce qui fait de ces bords des zones critiques pour le confort des piétons, on remarque aussi une zone calme à l'intérieur de la cité où la vitesse du vent ne dépasse pas les 1m/s ce qui augmente le risque de concentration de la pollution et favorise la formation d'îlot de chaleur, on peut énumérer aussi plusieurs effets de coins présents sur tous les coins des bâtiments qui sont situés au NORD et qui font face à l'écoulement, d'autre part et d'un point de vue général on peut dire que les bâtiments situés au NORD forment un écran pour l'intérieur de cette configuration urbaine ainsi que pour les autres cités situées au SUD.

Hauteur de la coupe à 10 m du sol :

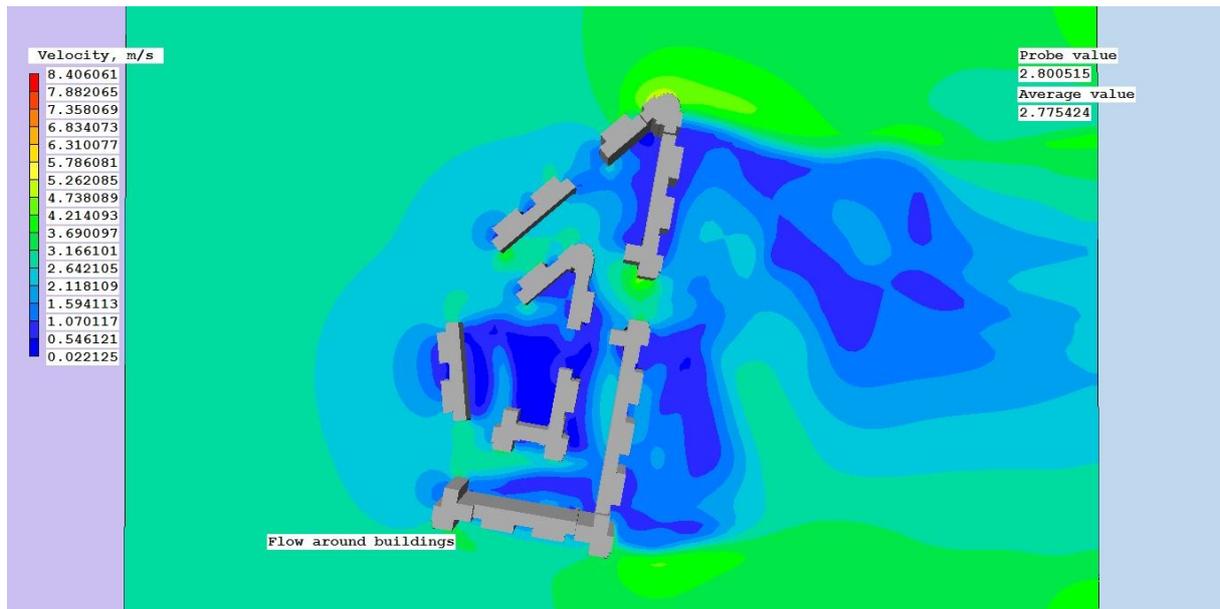


Fig. 97.2 – Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 10 m au dessus du sol.

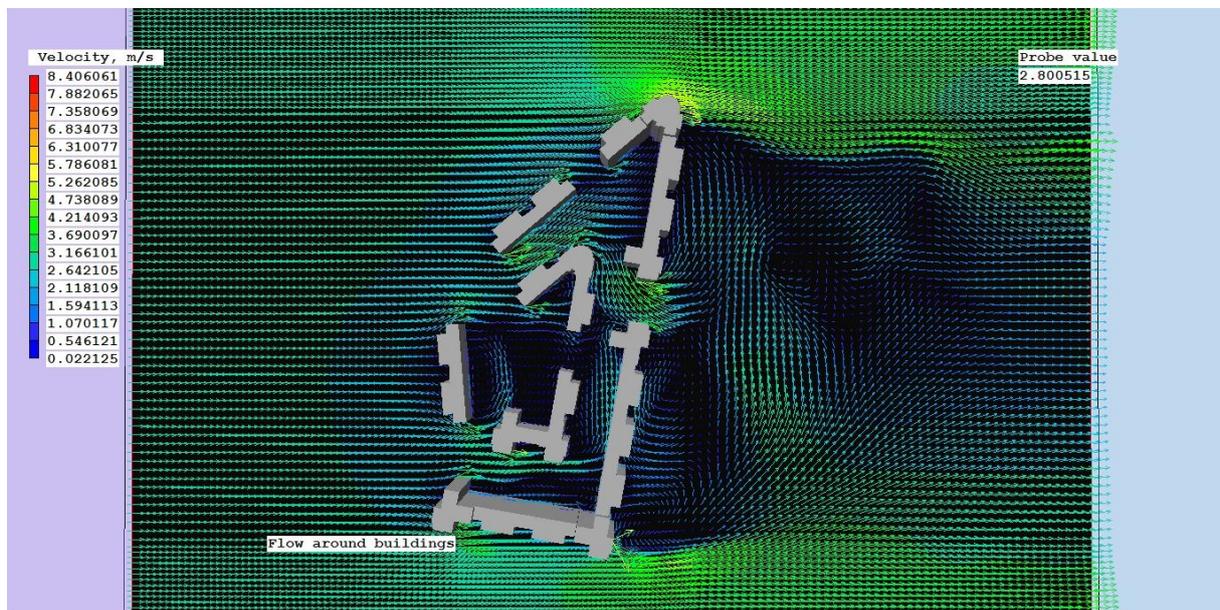


Fig. 97.3 – vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec les vecteurs à 10 m au dessus du sol.

A 10m de hauteur ,les mêmes phénomènes sont observés qu'à la hauteur de 1.5m mise a part une augmentation de l'accélération de l'écoulement du vent sur les deux extrémités EST et OUEST de la cité se qui à provoqué des effets de coins important où la vitesse de l'écoulement du vent atteint les 4.5m/s à l'OUEST de la cité alors qu'à l'EST elle à dépassé

les 5.7m/s se qui constitue un risque pour la sécurité des personnes au niveau des balcons (les habitants ont dû faire des protections en verrière ou en barodage), d'autre part on peut constater qu'il y a un effet Venturie plus important au niveau de la baie NORD-OUEST de la cité où il y a un phénomène de fusions entre les effets de coins se qui a provoqué une sur vitesse qui a atteint une moyenne de 4.2m/s se qui peut être particulièrement inconfortable, par ailleurs et d'un point de vue générale sur la cité on peut constater une augmentation de la zone calme a l'intérieur de la cité où la vitesse de l'écoulement du vent ne dépasse pas les 1m/s se qui augmente le risque de la formation d'îlot de chaleur ainsi que la concentration de la pollution (voir figures 97.2 et 97.3).

Hauteur de la coupe à 28 m du sol :

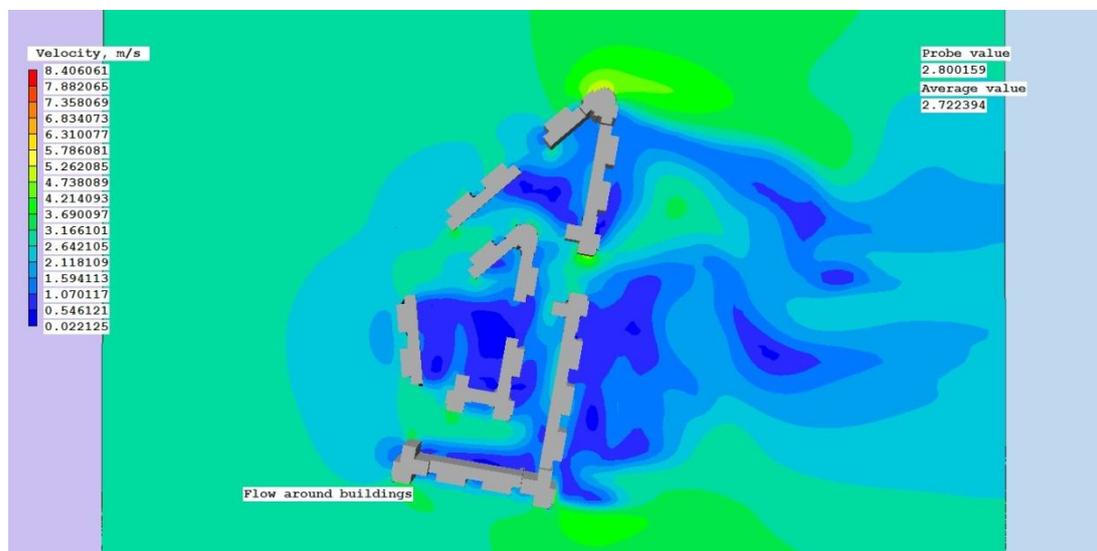


Fig. 97.4 – Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 28 m au dessus du sol.

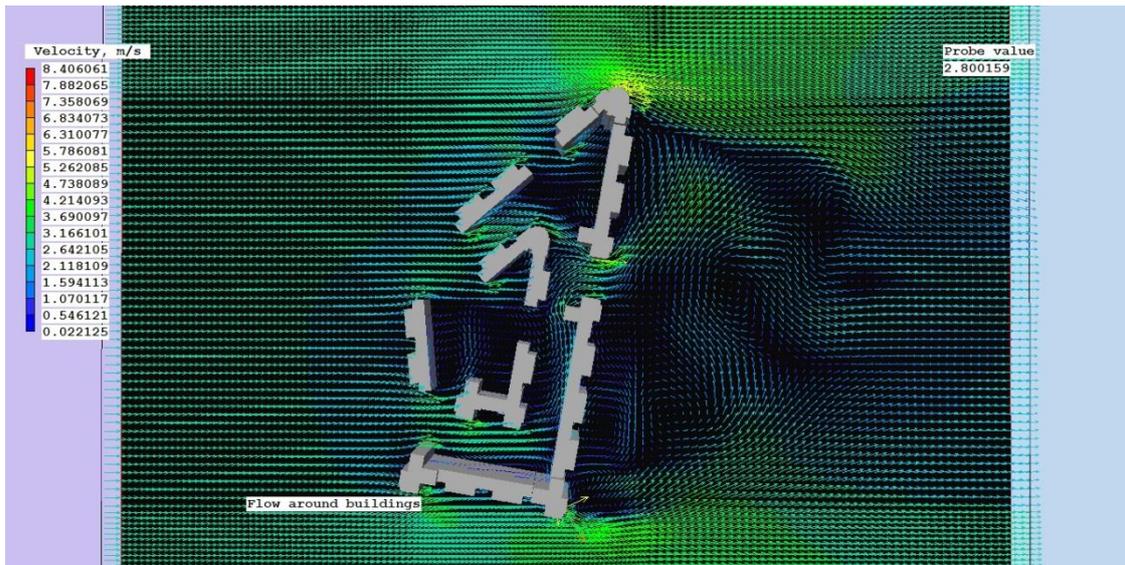


Fig. 97.5 – vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec les vecteurs à 28 m au dessus du sol.

A 28m de hauteur ,les mêmes phénomènes sont observés qu'à la hauteur de 10 m mise a part une augmentation de l'accélération de l'écoulement du vent qui est comprise entre 4.7m/s et 6.3m/s et cela sur les deux extrémités OUEST et EST respectivement et au niveau de la bais SUD de la cité où la vélocité atteint les 5.2m/s se qui peut causer une gêne pour les habitants, d'autres part on remarque une réduction de la zone calme a l'intérieur de la cité due à l'étalement de l'effet Venturi au NORD, a l'OUEST et au niveau de la bais SUD de la cité où la vitesse de l'écoulement aéraulique es de 3.1m/s (voir figures 97.4 et 97.5).

Hauteur de la coupe à 45 m du sol :

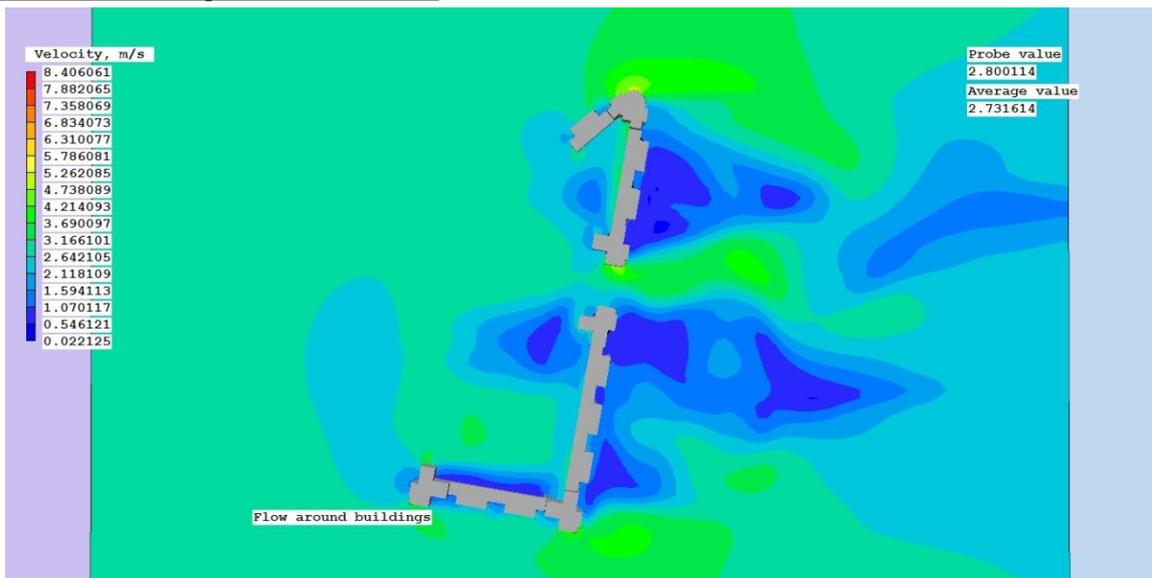


Fig. 97.6 – Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 45 m au dessus du sol.

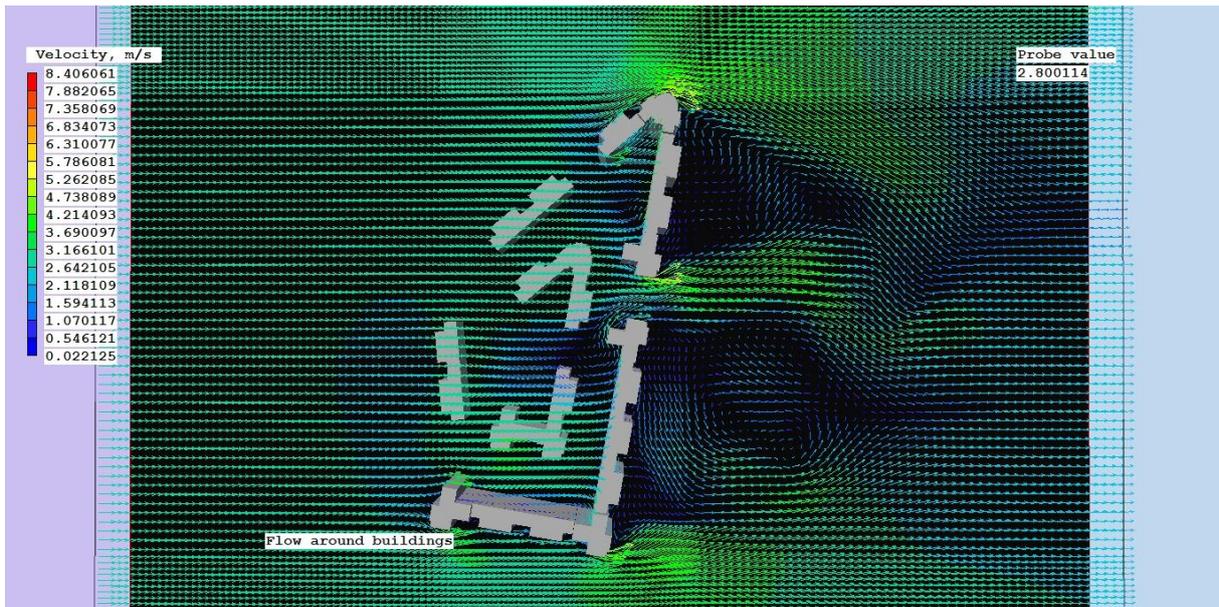


Fig. 97.7 – vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec les vecteurs à 45 m au dessus du sol.

A 45m de hauteur ,on remarque une baisse de vitesse de l'écoulement du vent au niveau des deux extrémité EST et OUEST de la cité où la vitesse es réduite a 4.7m/s et cela comme une valeur maximale, on remarque aussi que les tours SUD forme un écran pour les espaces situer au SUD de la cité (voir figures 97.6 et 97.7).

b-Sur l'axe x :

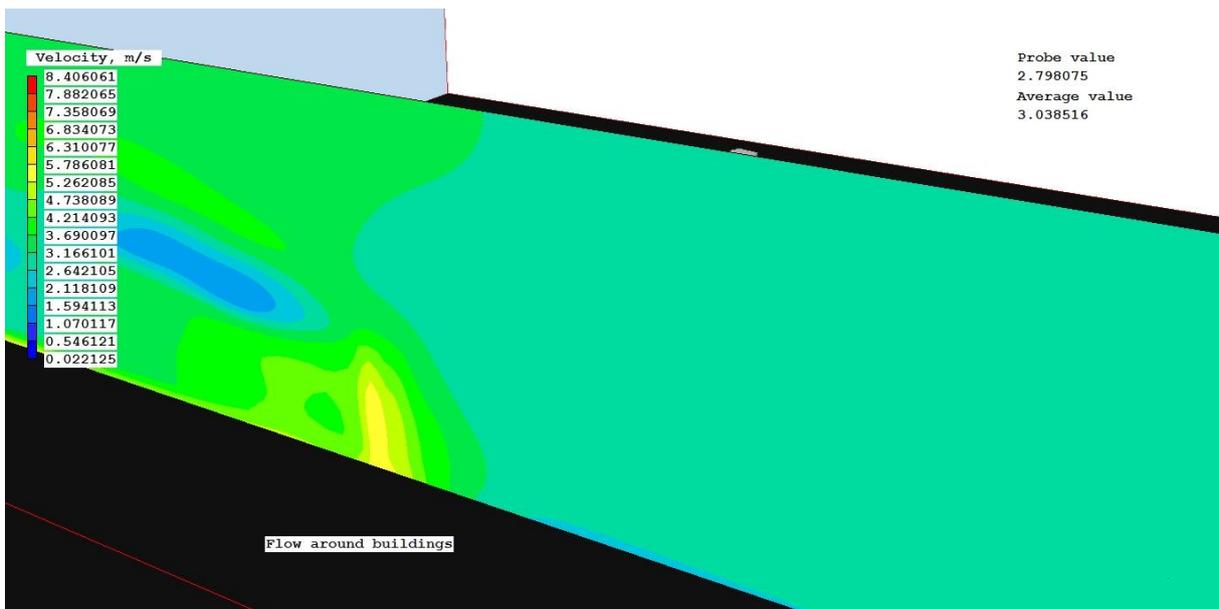


Fig. 97.8 – Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite EST de la cité.

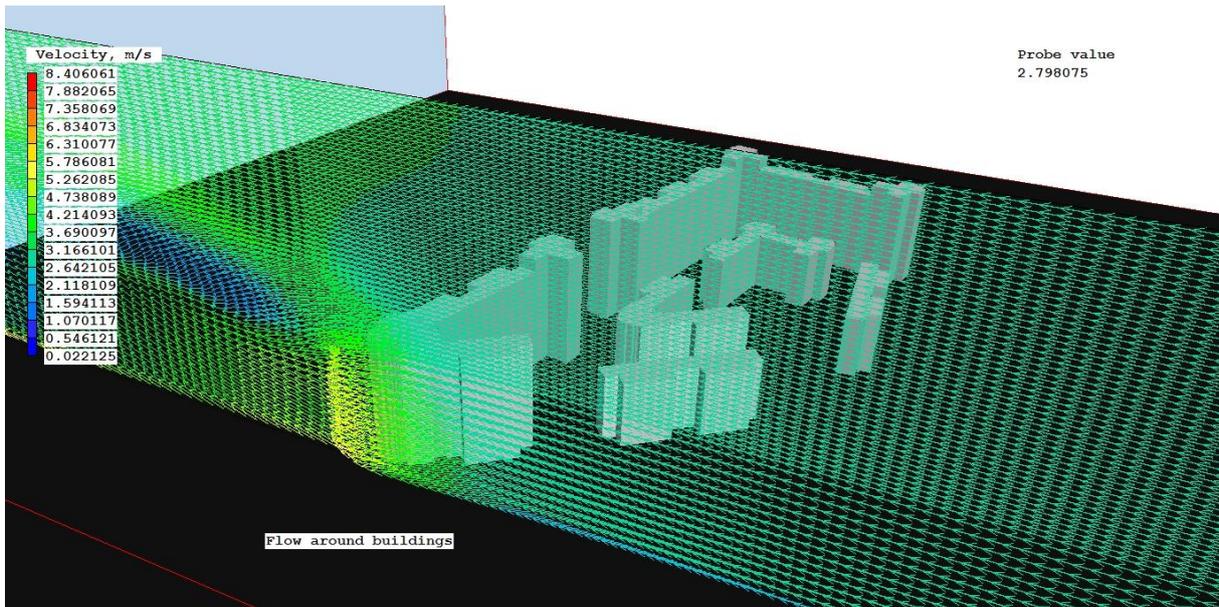


Fig. 97.9 – Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite EST de la cité.

Les figures 97.8 et 97.9 montre très clairement l'effet de coin que subi l'extrême EST de la cité où la vitesse de l'écoulement aéraulque atteint les 5.7m/s et cela en moyenne se qui peut être particulièrement inconfortable lorsque le piéton le franchit.

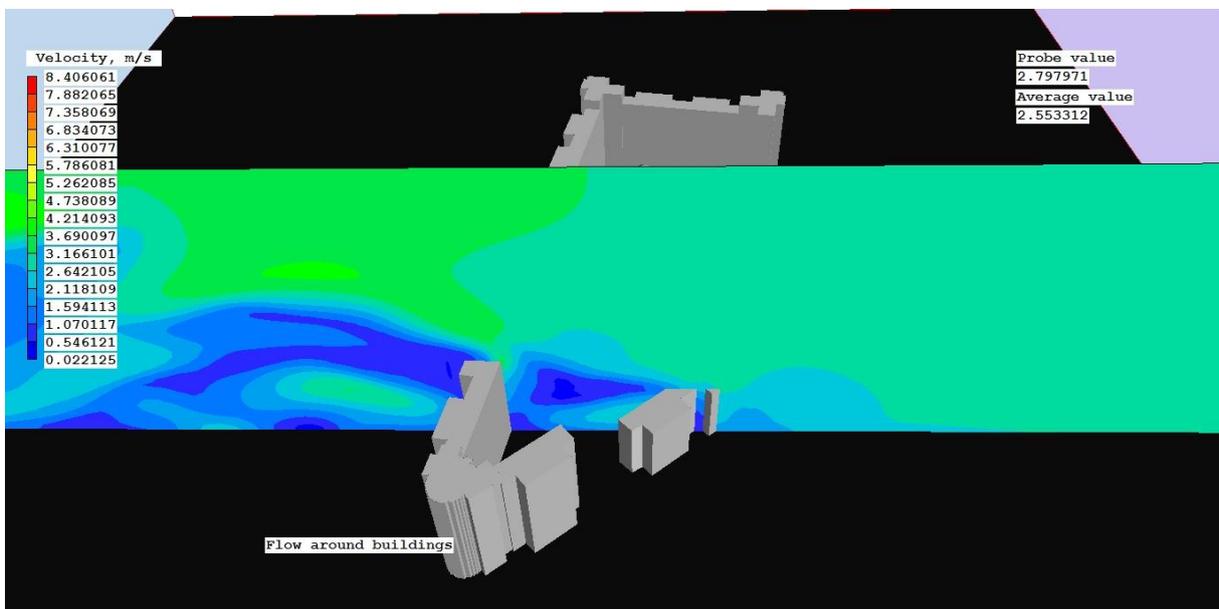


Fig. 97.10 – Représentation des écoulements verticaux du vent à l'interieur et à l'extérieur de la cité.

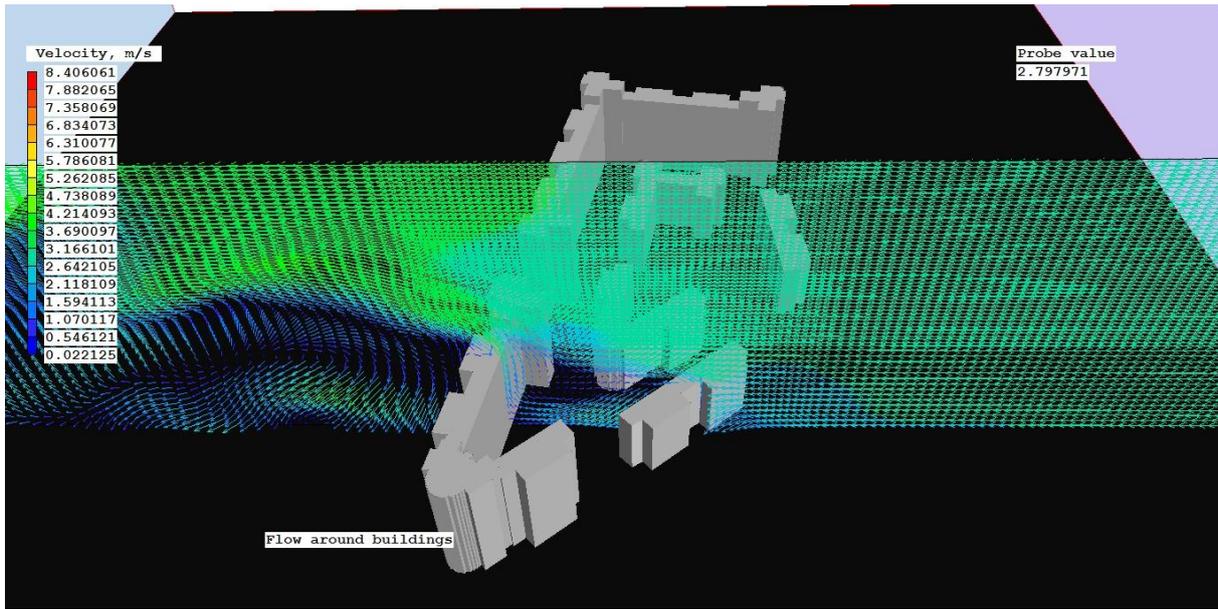


Fig. 97.11 – Représentation des écoulements verticaux du vent à l’interieur et à l’exterieur de la cité.

Les figures 97.10 et 97.11 montrent la zone calme au centre de la cité où la vitesse de l’écoulement du vent est comprise entre 1 et 2.6m/s se qui semble être dans des paramètres acceptable, d’autre part les bâtiments forment un écran pour les espaces et les quartiers situées au SUD de cette configuration urbaine.

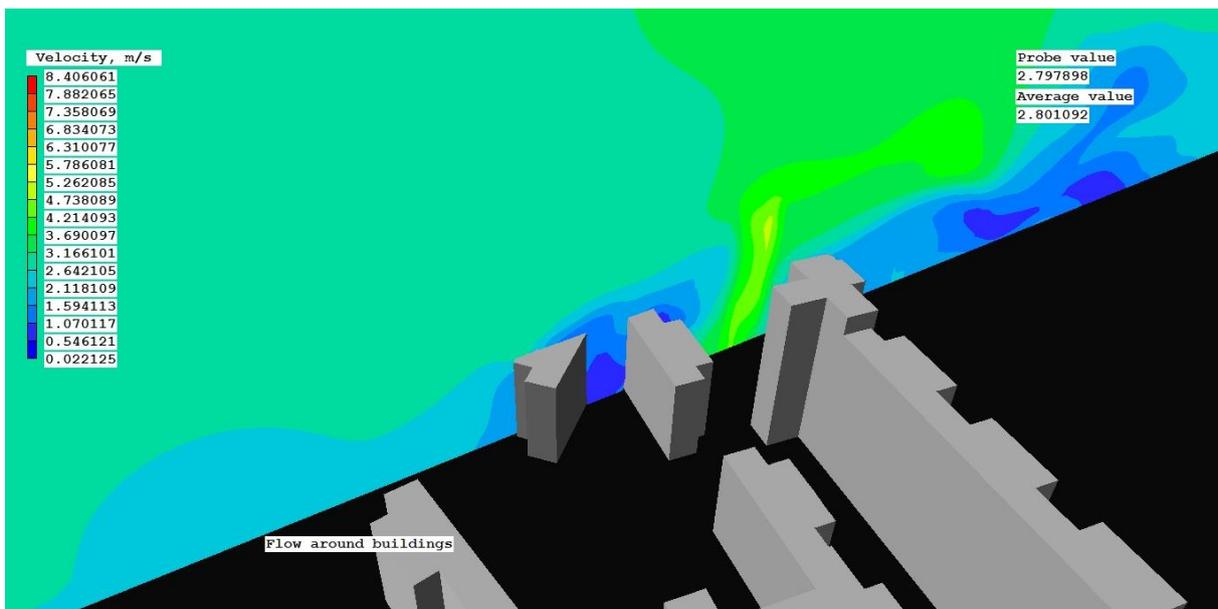


Fig. 97.12 – Représentation des écoulements verticaux du vent à l’interieur et à l’exterieur de la cité.

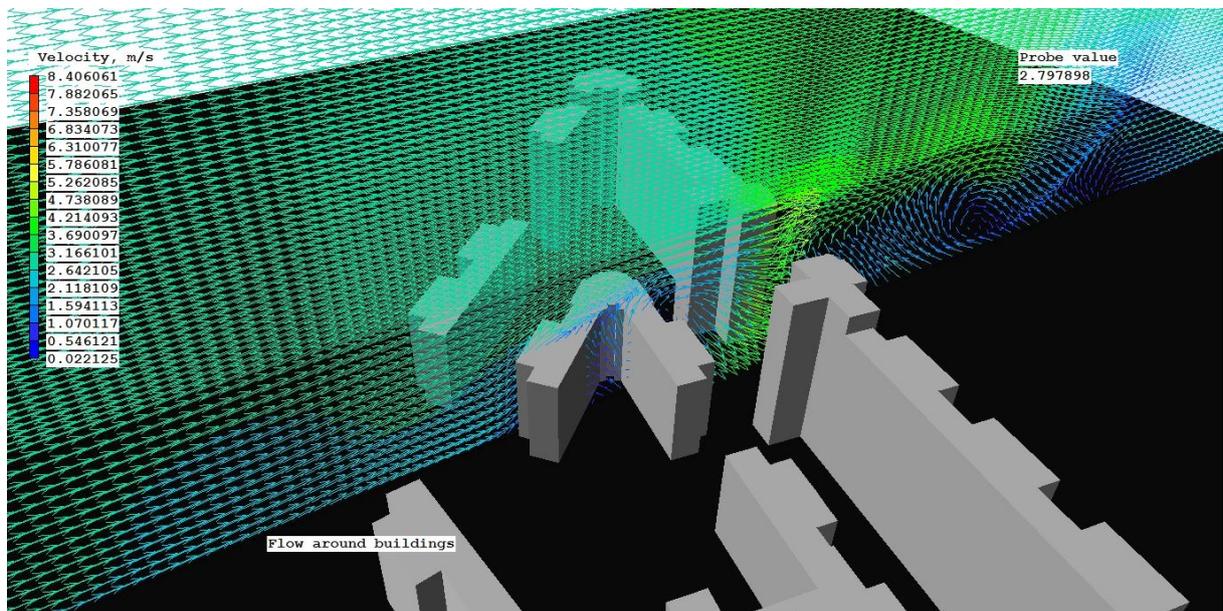


Fig. 97.13 – Représentation des écoulements verticaux de lécoulement du vent à l'intérieur et à l'extérieur de la cité.

Les figures 97.12 et 97.13 montre l'effet de coin au niveau de la bais SUD de la cité où la vitesse atteint 4.7m/s est cela a l'échelle du piéton se qui risque d'être inconfortable lorsque le piéton le franchit, d'autre part il semble y avoir une zone calme au centre des bâtiment en « V » où la vitesse de l'écoulement du vent ne dépasse pas les 1m/s se qui augmente fortement le risque de concentration de la pollution.

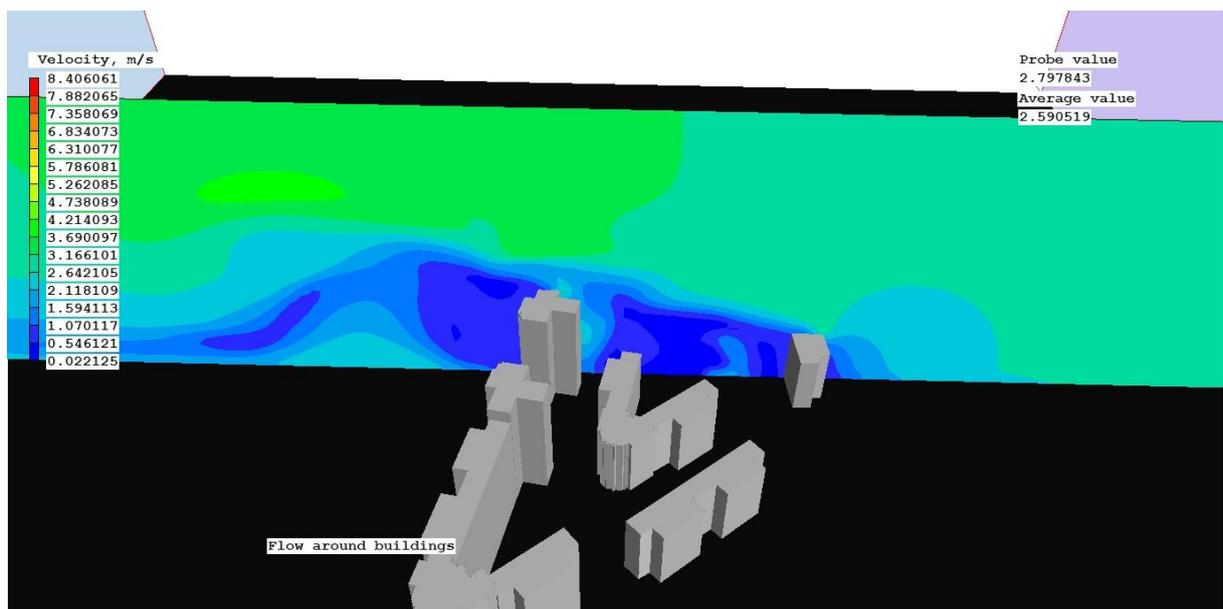


Fig. 97.14 – Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite OUEST de la cité.

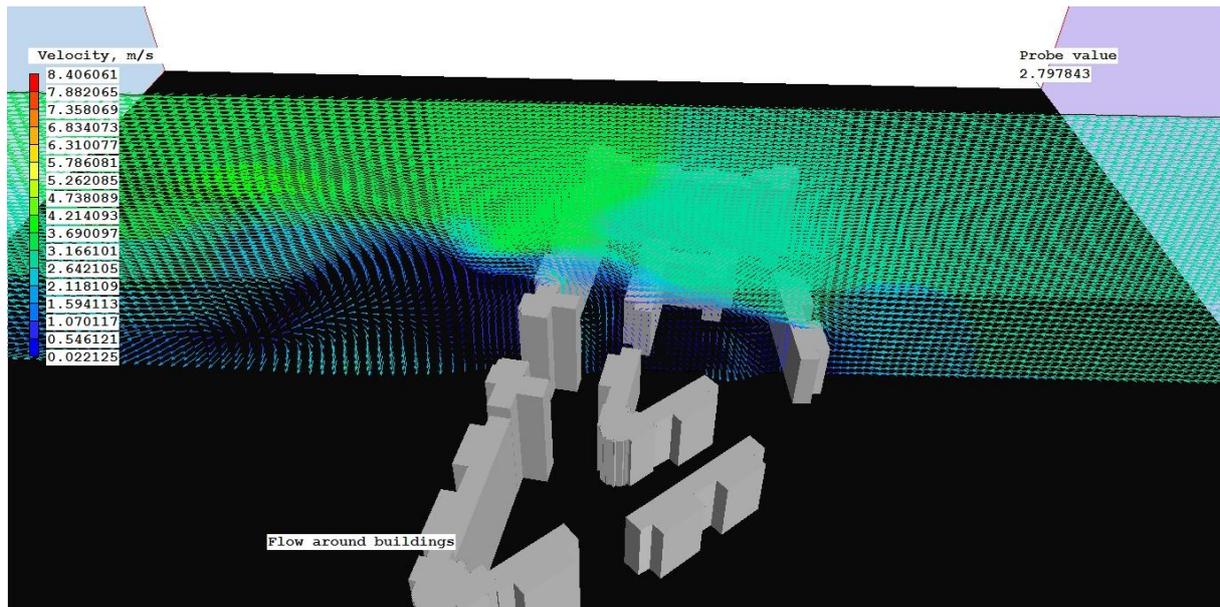


Fig. 97.15 – Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite OUEST de la cité.

Les figures 97.14 et 97.15 montre le développement d'une zone de survitesse au dessus des ensembles bâtis, ces derniers semblent bénéficier de zones calmes à l'intérieur de cette configuration urbaine où la vitesse de l'écoulement est comprise entre 0.5 et 1m/s se qui augmente le risque de formation d'îlot de chaleur urbain ainsi que la concentration de la pollution.

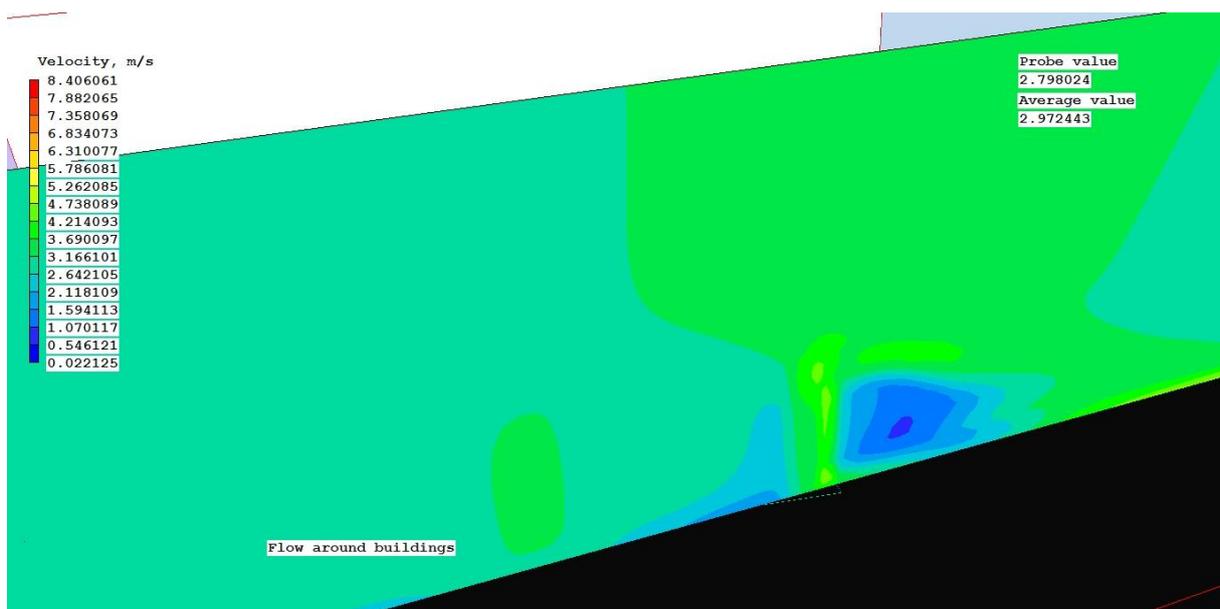


Fig. 97.16 – Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite OUEST de la cité.

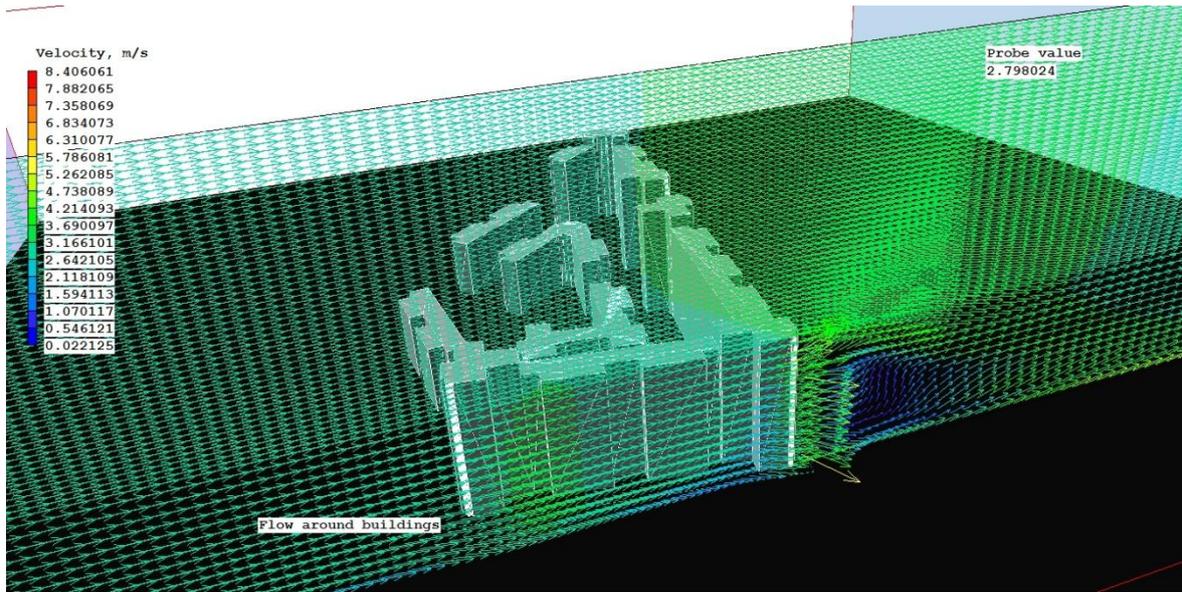


Fig. 97.17 – Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite OUEST de la cité.

Les figures 97.16 et 97.17 montre l'effet de coin à l'extrême OUEST de la cité où la vitesse de l'écoulement aéraulique atteint 5.7m/s est cela comme valeur maximale se qui peut être particulièrement inconfortable lorsque le piéton le franchit.

c-Sur l'axe y :

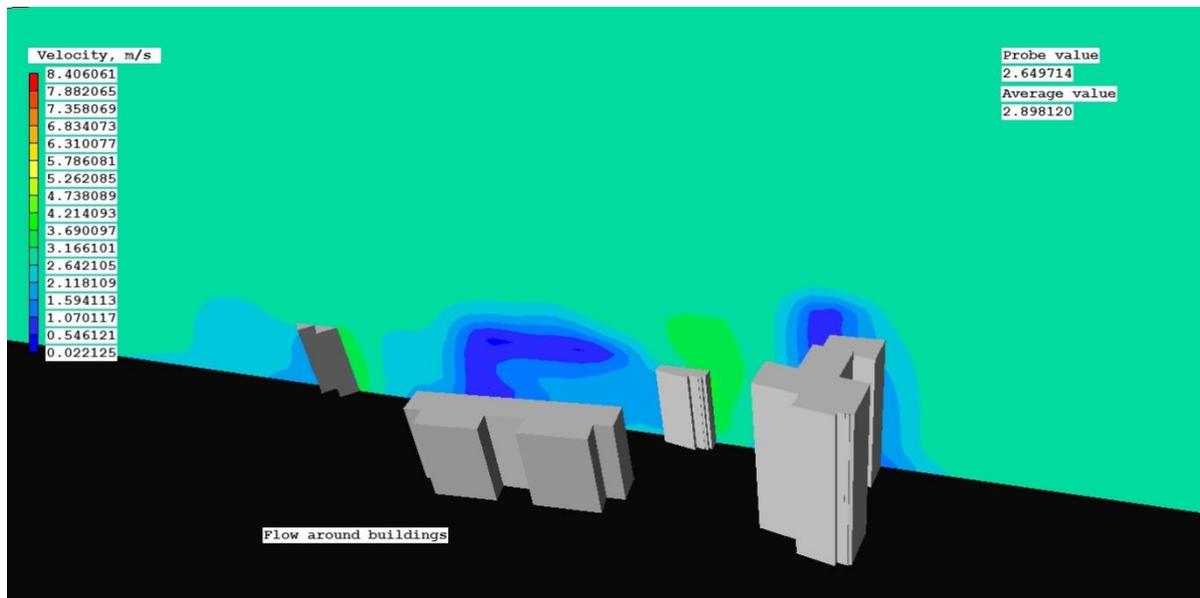


Fig. 97.18 – Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite NORD-EST de la cité.

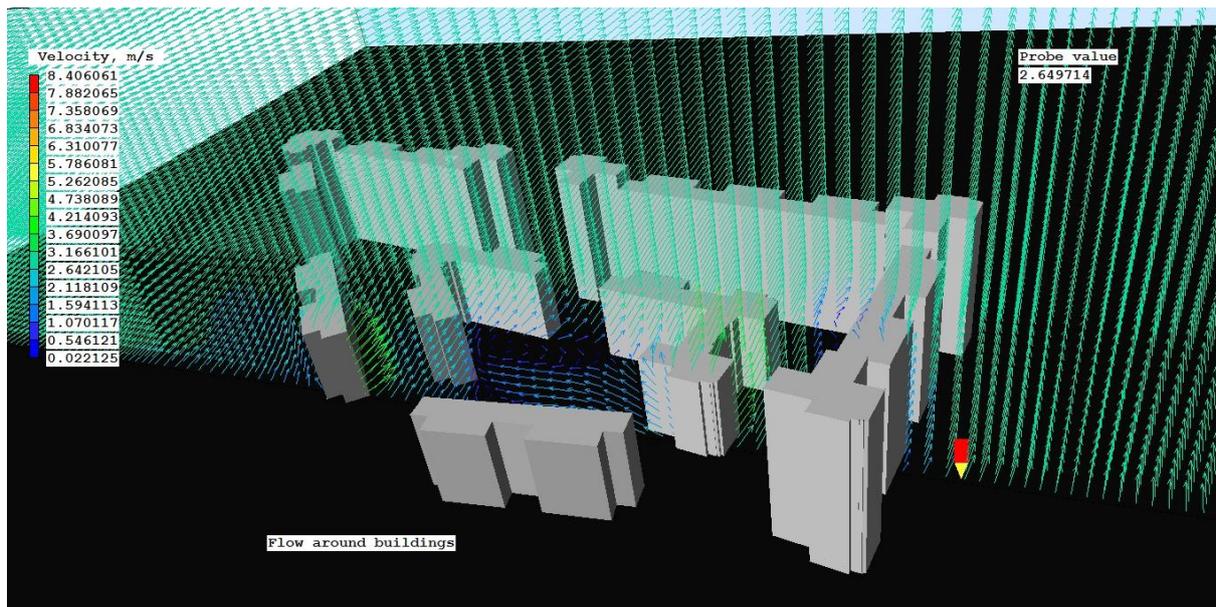


Fig. 97.19 – Représentation des écoulements verticaux du vent au niveau de la limite NORD-EST de la cité.

Les figures 97.18 et 97.19 montre qu'il y a des effets de coin à l'intérieur de la cité où la vitesse de l'écoulement du vent atteint les 4.2m/s se qui peut être inconfortable lorsque le piéton le franchit, on remarque aussi une zone calme a l'intérieur de la cité où la vitesse de l'écoulement aéraulique vas de 1 a 3.1m/s se qui peut être confortable.

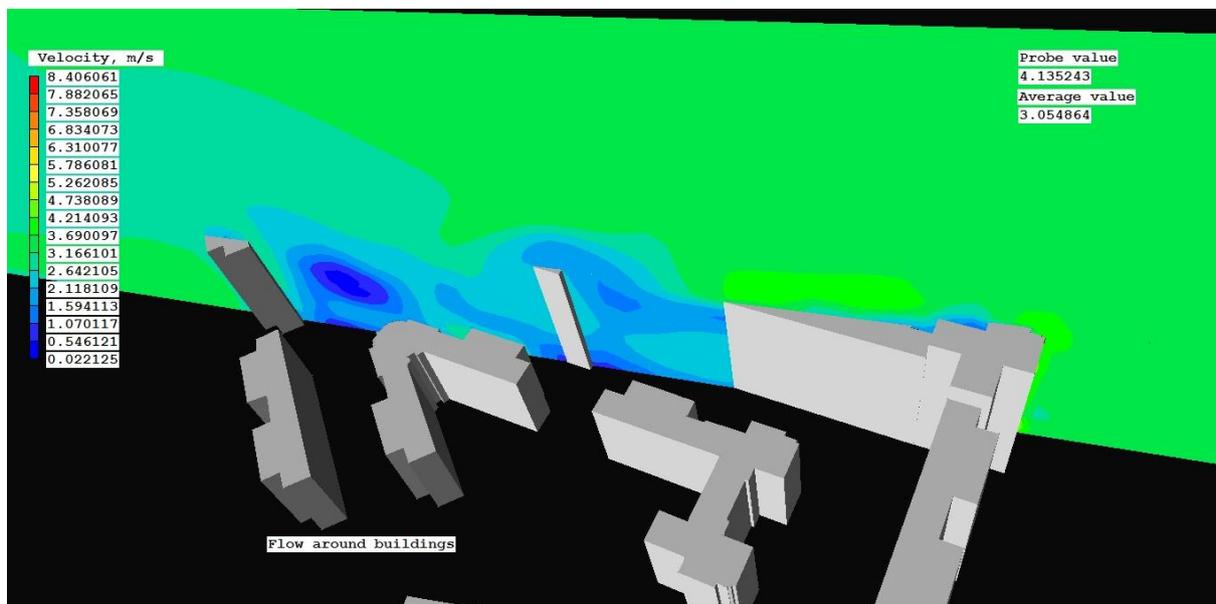


Fig. 97.20 – Représentation des écoulements verticaux du vent à l'intérieur de la cité.

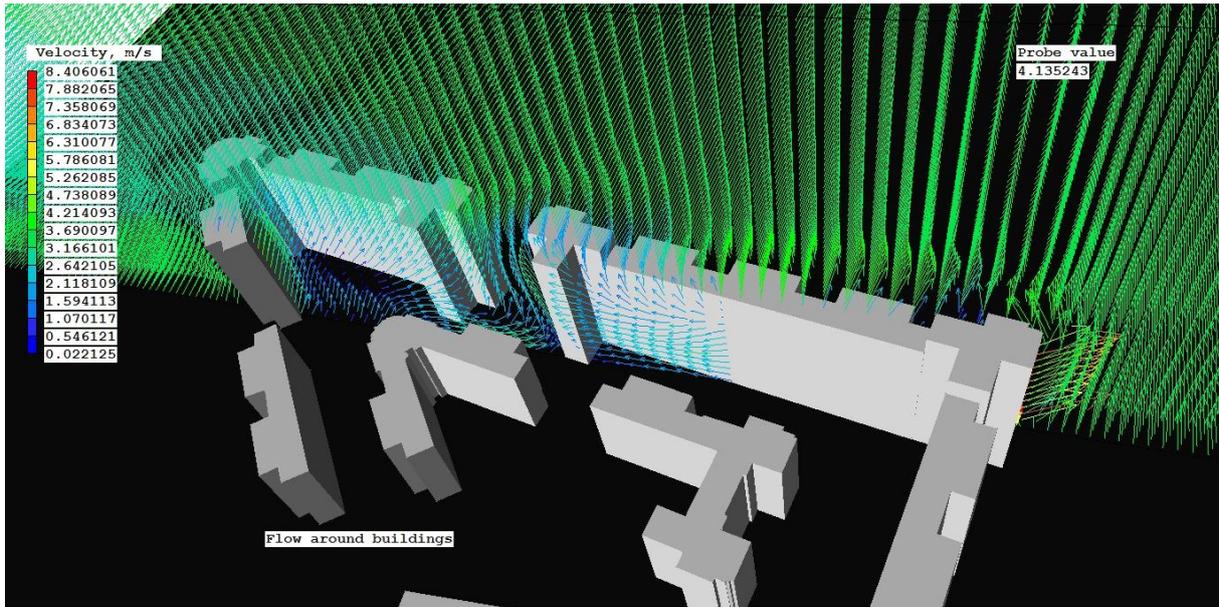


Fig. 97.21 – Représentation des écoulements verticaux du vent à l'intérieur de la cité.

Les figures 97.20 et 97.21 montrent qu'il y a une zone calme à l'intérieur EST de la cité où la vitesse de l'écoulement aéroulique vas de 1 à 3.1m/s se qui es confortable.

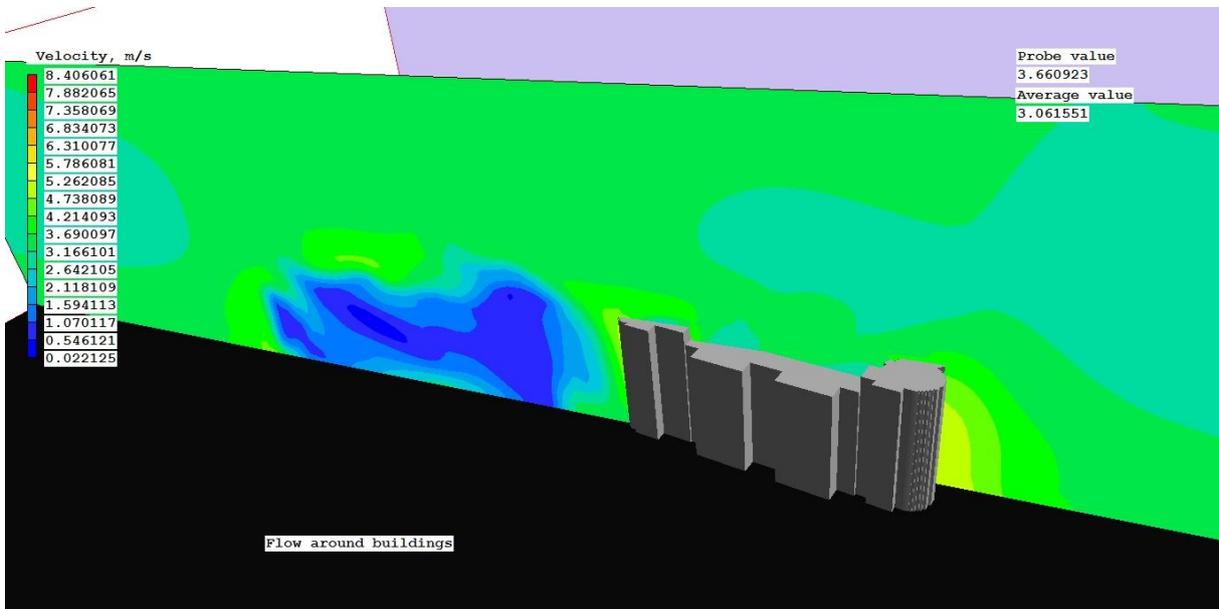


Fig. 97.22 – Représentation des écoulements verticaux du vent à l'intérieur de la cité.

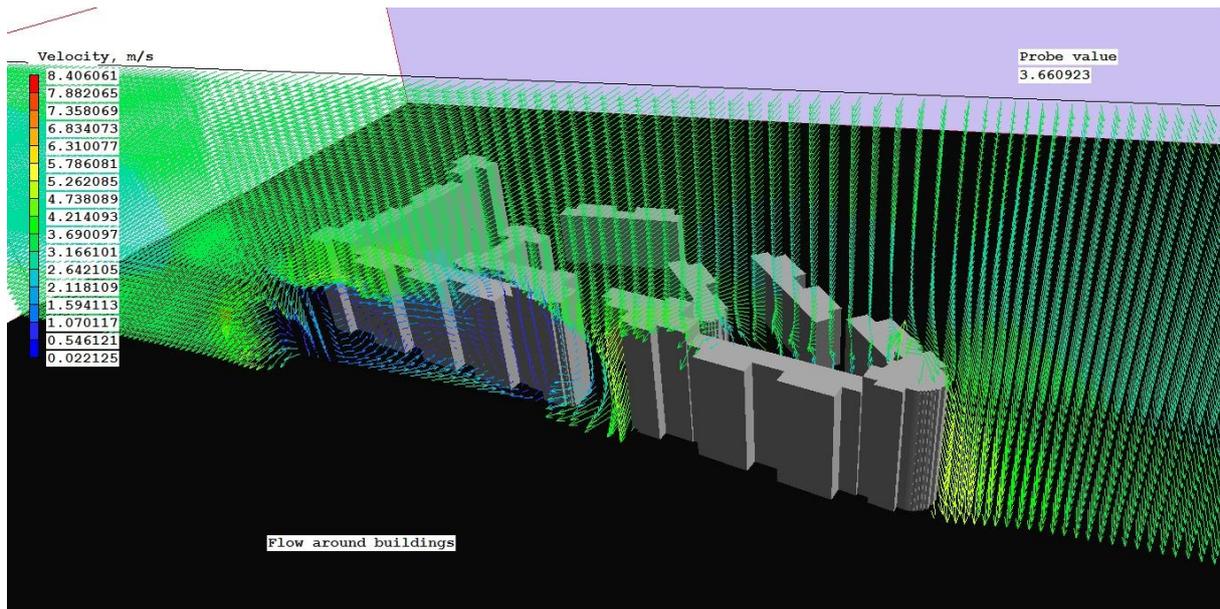


Fig. 97.23 – Représentation des écoulements verticaux du vent à l'intérieur de la cité.

Les figures 97.22 et 97.23 présente un effet de coin à l'extrême EST, OUEST et au niveau de la baie SUD de la cité où la vitesse de l'écoulement du vent va de 4.2 à 5.7m/s se qui es particulièrement inconfortable lorsque le piéton le franchit, on remarque aussi que les tours SUD constitut un écran pour les espaces situés au SUD de la cité.

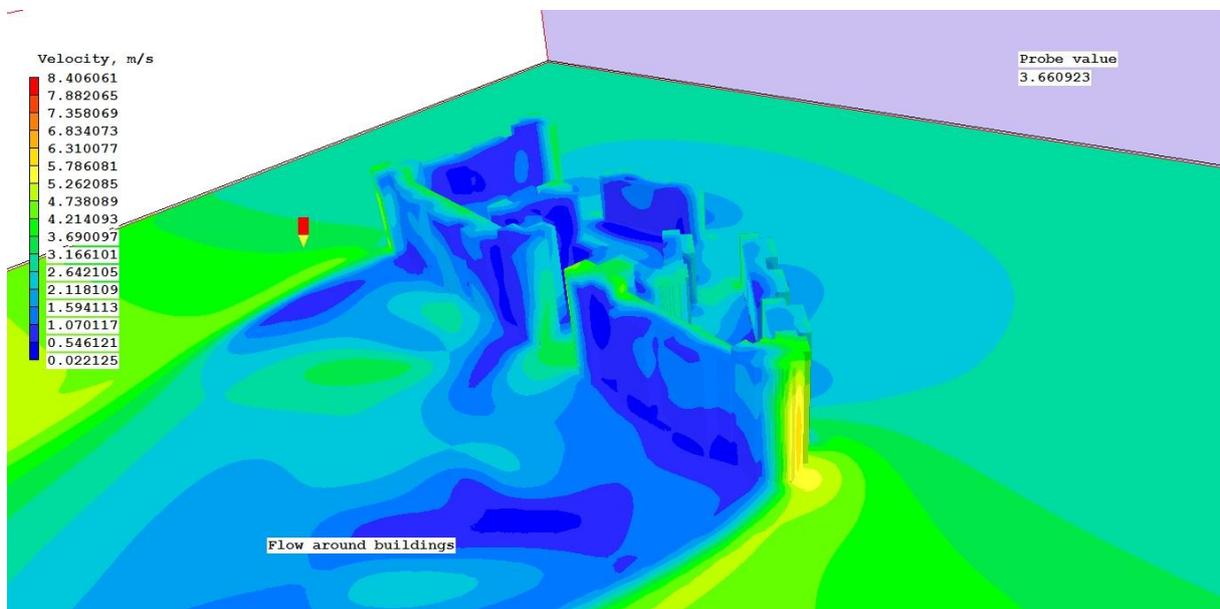


Fig. 97.24 – Représentation 3D des vitesses du vent sur l'ensemble des surfaces extérieures des bâtiments (vue coté NORD).

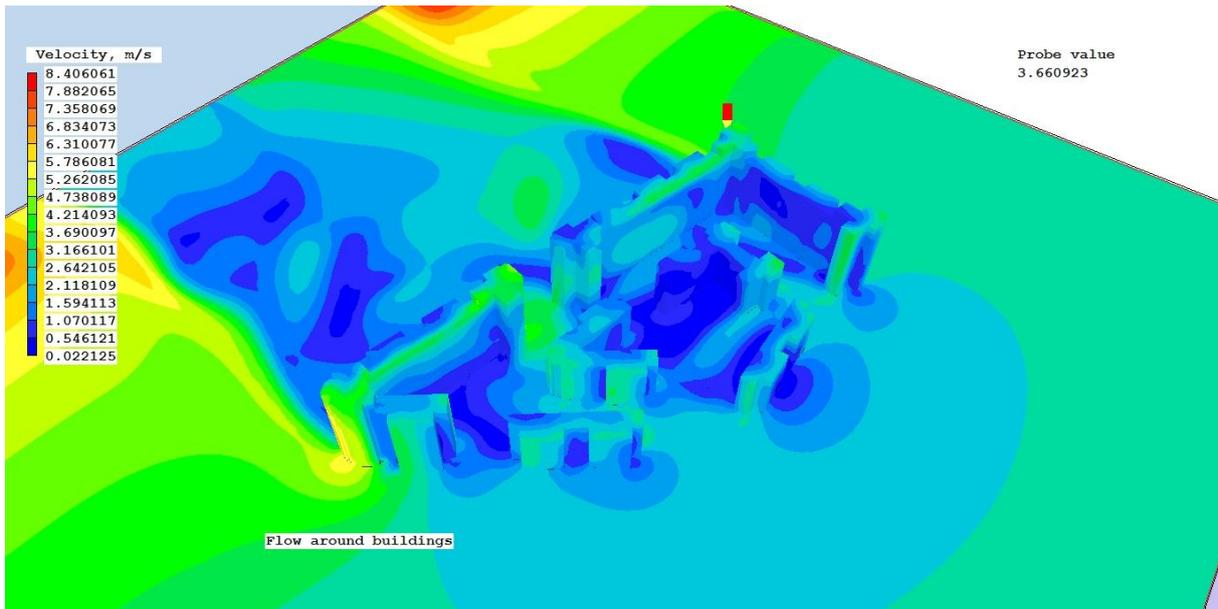


Fig. 97.25 – Représentation 3D des vitesses du vent sur l'ensemble des surfaces extérieures des bâtiments (vue coté SUD-EST).

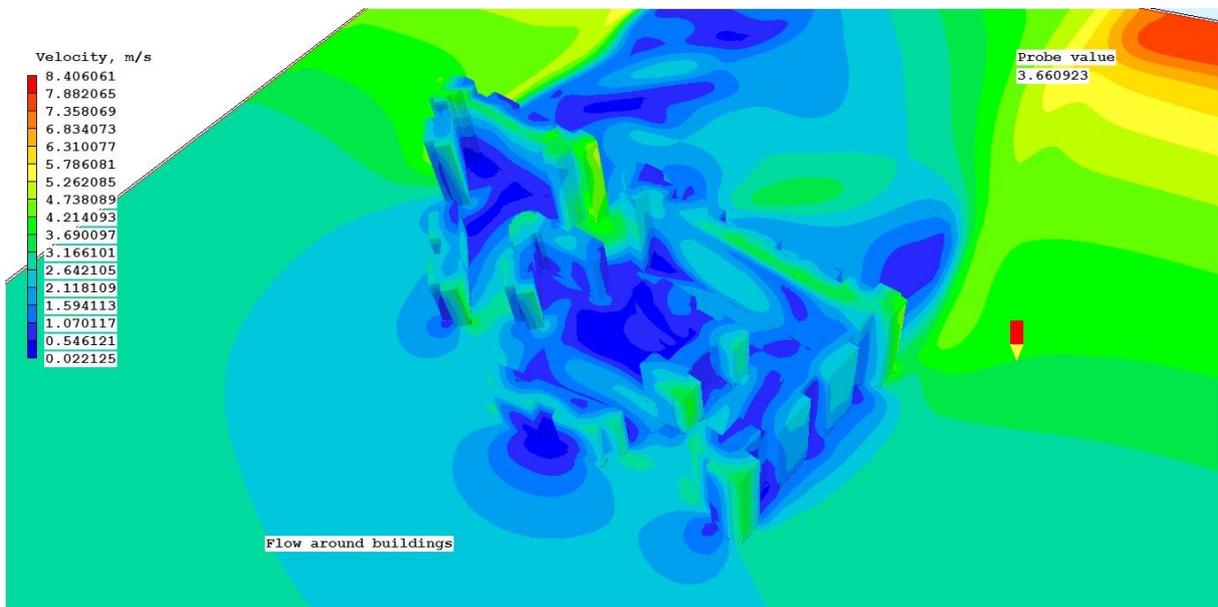


Fig. 97.26 – Représentation 3D des vitesses du vent sur l'ensemble des surfaces extérieures des bâtiments (vue coté SUD-OUEST).

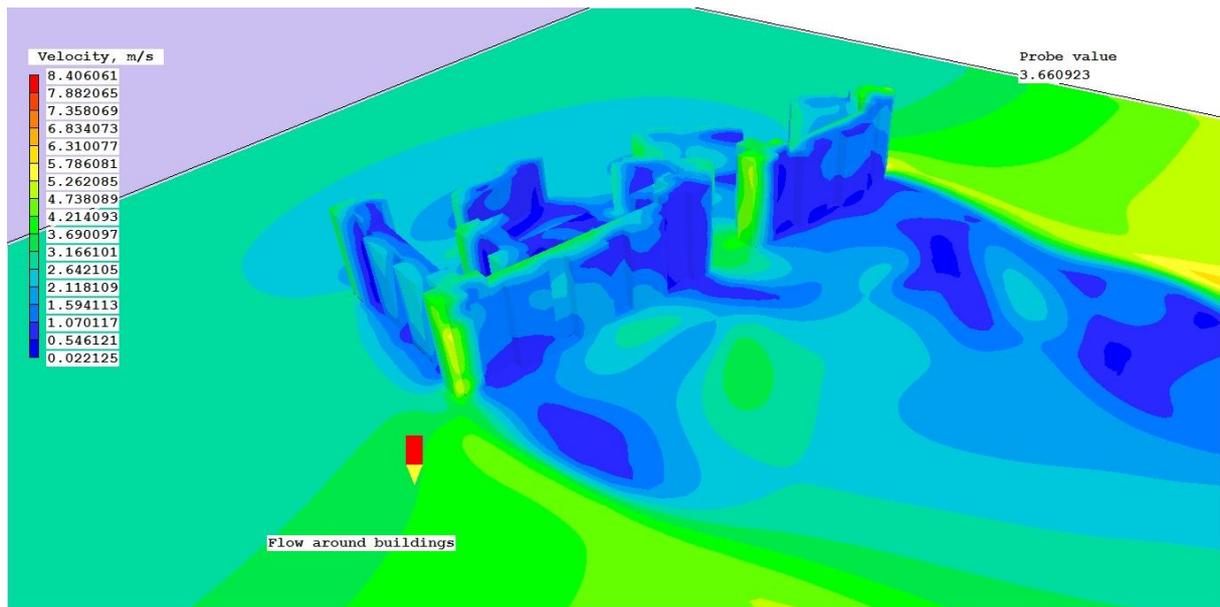


Fig. 97.27 – Représentation 3D des vitesses du vent sur l'ensemble des surfaces extérieures des bâtiments (vue coté OUEST).

Dans une lecture générale les figures 97.24, 97.25, 97.26, 97.27 nous montre que l'extrême EST et l'extrême OUEST subissent des effets de coin important, on constate aussi qu'il y a un effet de coin au niveau de la bais SUD de la cité. Le centre de cette dernière montre la présence de plusieurs zones qui subissent l'effet de sillage. Aussi, il semble q'il y es un phénomène d'accélération de l'écoulement du vent au niveau des façades latérales des bâtiments au NORD ainsi que les angles des toitures au niveau des bâtiments et cela à une hauteur de 45m .

Le centre de la cité représente un risque potentiel pour la formation d'îlot de chaleur urbain et cela à cause des basses vitesses de l'écoulement du vent qui ne dépasse pas les 1m/s, on peut dire aussi que les zones qui représentent le plus de confort pour les piétons sont les couloirs qui entour le centre de la cité où la vitesse de l'écoulement aéraulique varis entre 1 et 2.6m/s.

IV.4.1.4 - Mois de Mars :

La vitesse de vent moyenne : 2.1 m/s.

La direction du vent donnait est la direction Nord.

Hauteur de la coupe à 1.5 m du sol :

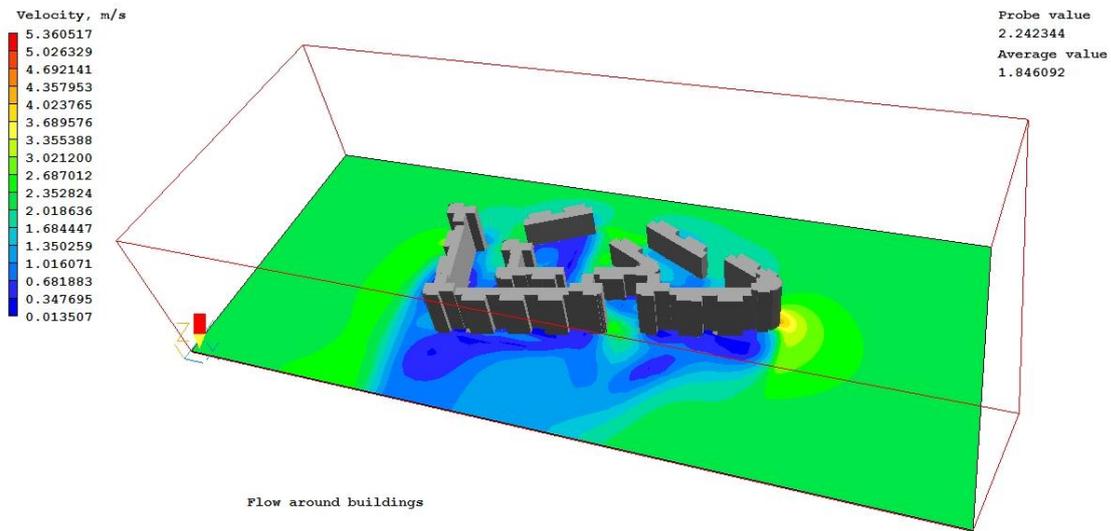


Fig. 98.1 – Simulation 3d de l'écoulement du vent autour de la cité a 1.5 m audessus du sol.



Fig. 98.2 – Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 1.5 m au dessus du sol.

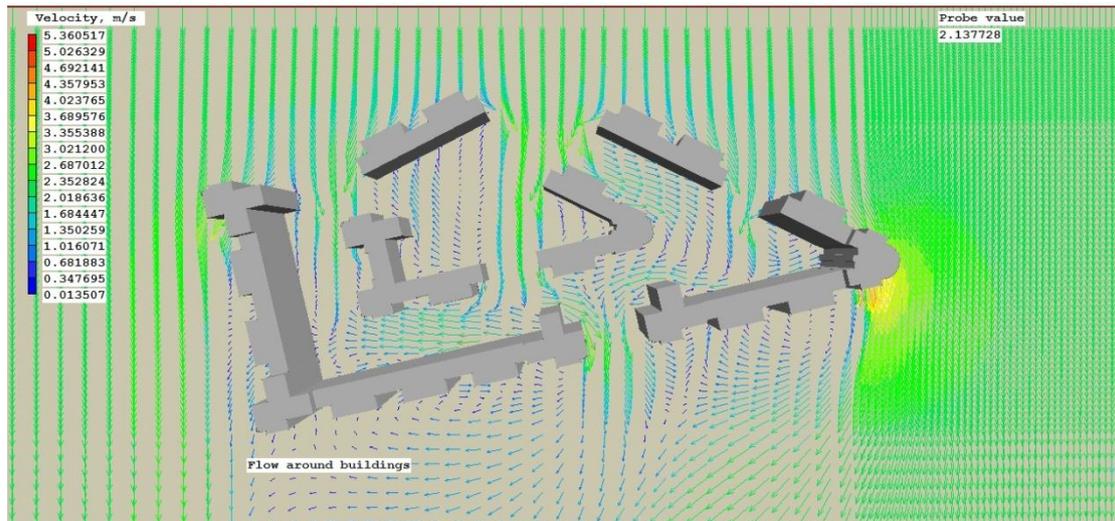


Fig. 98.3 – vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec les vecteurs à 1.5m au dessus du sol.

A partir des figures 98.1 , 98.2 , 98.3 on peut remarqué qu'il y a un effet de coin très important à EST où la vitesse de l'écoulement du vent dépasse les 4.5 m/s et peut remarquable a l'OUEST de la cité où la vitesse de l'écoulement du vent es de 3.7 m/s se qui peut être inconfortable lorsque le piéton le franchit, on remarque aussi la formation de zones critiques au NORD où la vitesse dépasse les 3,5 m/s et au SUD de la cité ou la vitesse de l'écoulement dépasse les 3m/s, la première est due a l'effet Venturie et la deuxième a l'effet de cannalisation, ces phénomènes peuvent causé des gênes pour les piétons (voir l'échelle de beaufort) .

Hauteur de la coupe à 10 m du sol :

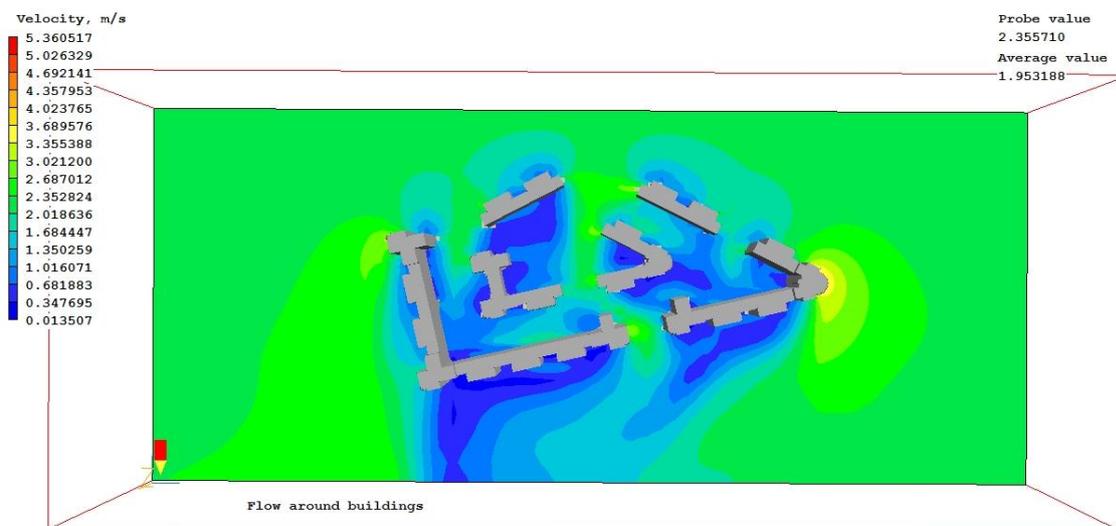


Fig. 98.4 – Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 10 m au dessus du sol.

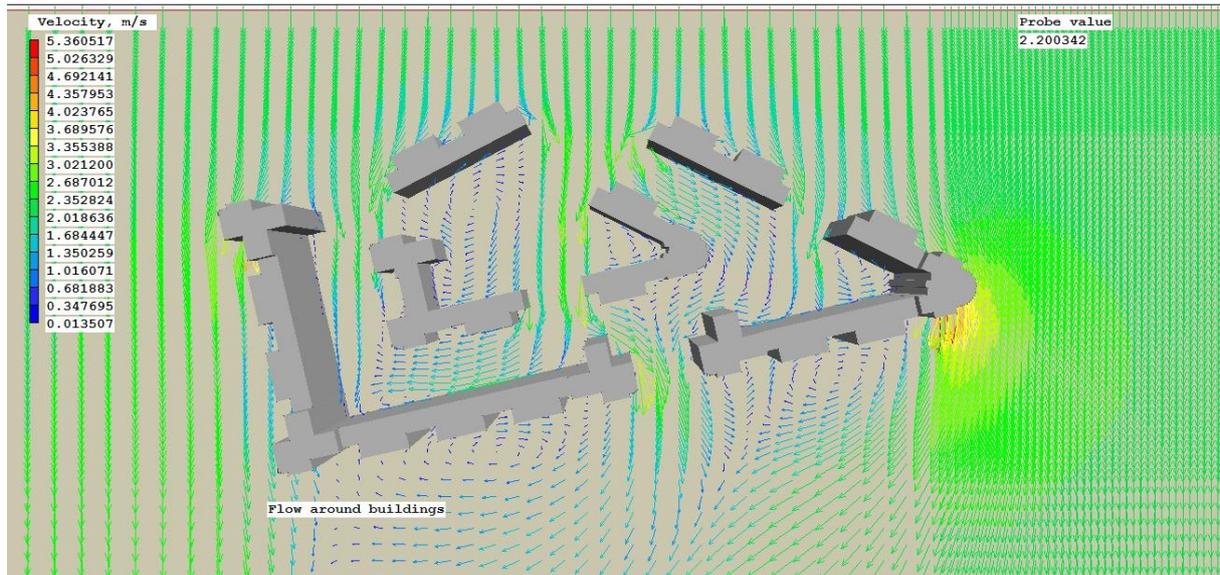


Fig. 98.5 – vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec vecteurs à 10m au dessus du sol.

A 10m de hauteur, les mêmes phénomènes sont observés qu'à la hauteur de 1.5m mise à part leurs amplifications et l'apparition de deux effets de sillages qui sont devenu plus important au SUD-EST et SUD-OUEST de la cité ainsi qu'un même effet derrière les deux bâtiments isolés au NORD-EST qui peuvent être responsable d'une concentration potentiel de la pollution à ces emplacements, le centre de la cité présente des zones calmes à l'EST et l'OUEST où la vitesse de l'écoulement du vent varie de 0.6 à 2m/s ce qui semble être confortable, on remarque aussi la formation d'un effet de canalisation allant du NORD vers le SUD au centre de la cité où la vitesse de l'écoulement varie de 2 à 3.3m/s, cette effet présente une gêne vue qu'il est associé avec l'effet Venturi au Nord de cette configuration urbaine (voir figure 98.4 et 98.5).

Hauteur de la coupe à 28 m du sol :

A 28m de hauteur, les mêmes phénomènes sont observés qu'à la hauteur de 10 m mise à part une accélération plus importante à l'EST de la cité où la vitesse du vent dépasse les 4.6m/s ce qui peut constituer un danger sur les habitants au niveau de leurs balcons et fenêtres, aussi on constate la disparition de l'effet de sillage derrière les deux bâtiments isolés au NORD-EST, d'autres part on remarque un phénomène de coin plus important au niveau de la baie SUD de la cité dans lequel la vitesse de l'écoulement atteint les 3.7m/s ce qui peut constituer un danger pour les habitants au niveau de leurs balcons et fenêtres (voir figure 98.6 et 98.7).

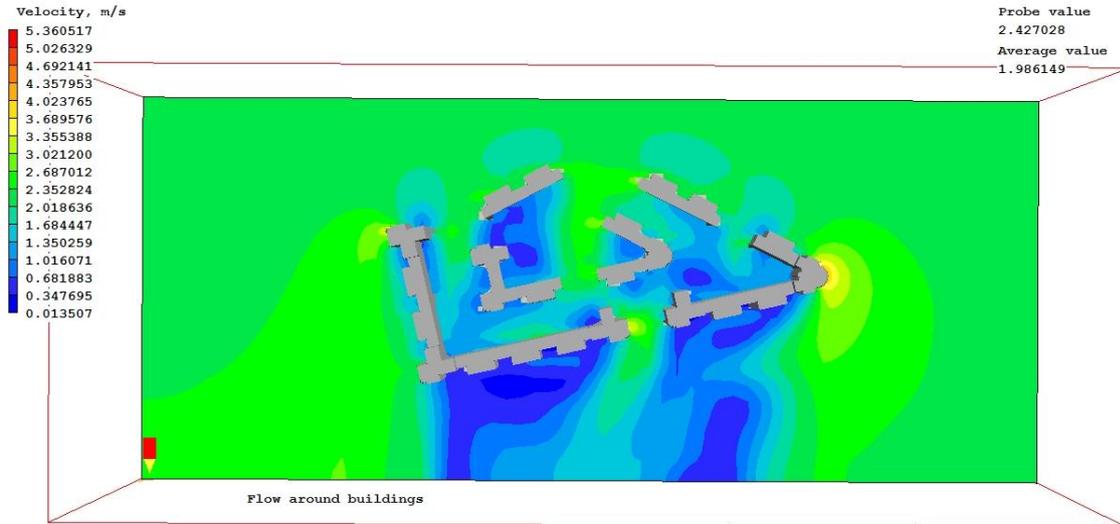


Fig. 98.6 – Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 28 m au dessus du sol.

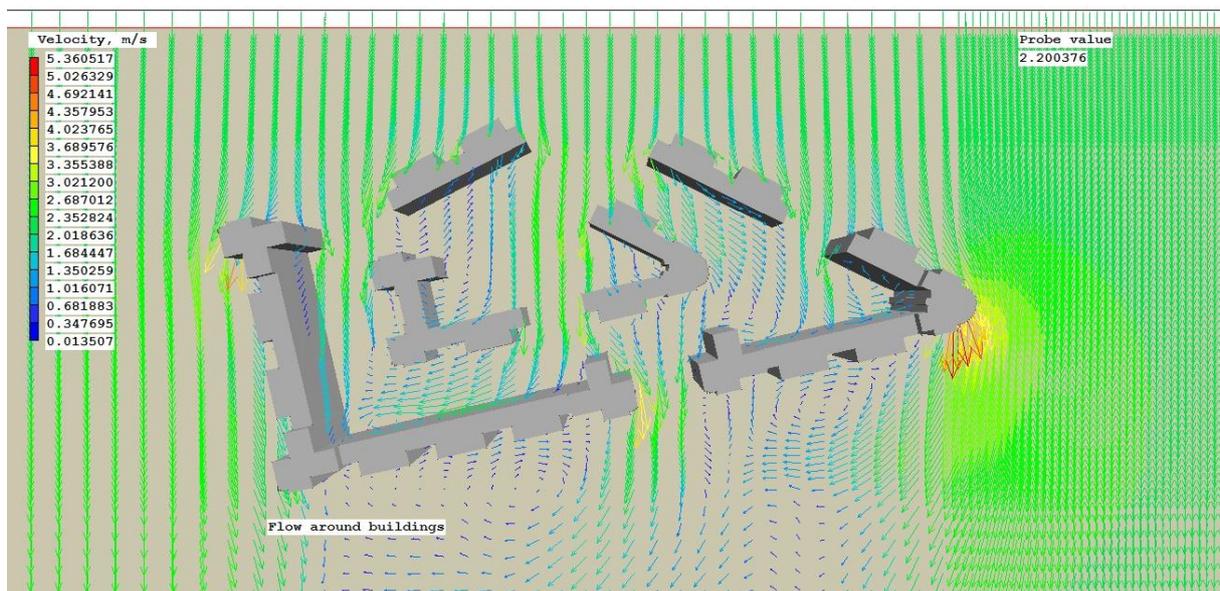


Fig. 98.7 – vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec vecteurs à 28m au dessus du sol.

Hauteur de la coupe à 45 m du sol :

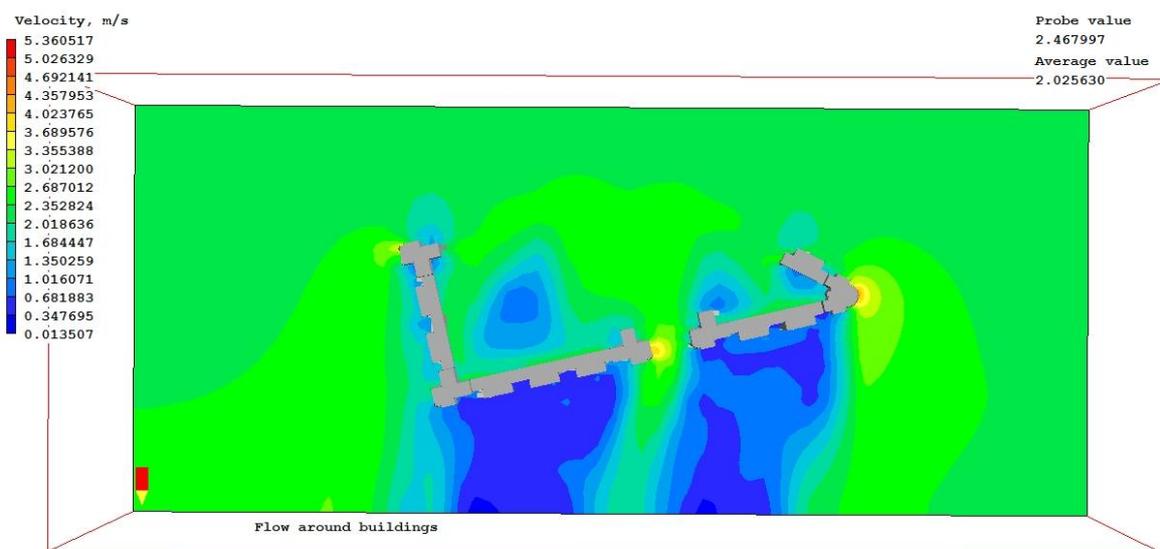


Fig. 98.8 – Vue en plan de l'écoulement du vent autour des bâtiments à 45 m au dessus du sol.

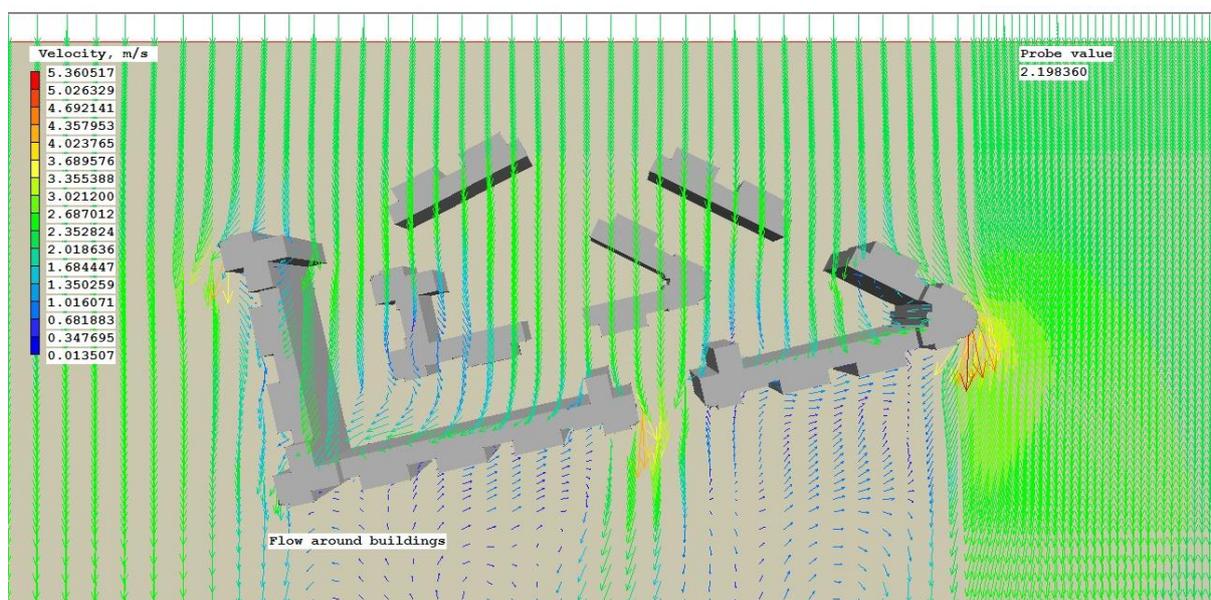


Fig. 98.9 – vue en plan de la vitesse et la direction de l'écoulement du vent avec vecteurs à 45 m au dessus du sol.

A 45m de hauteur ,il y a une augmentation importante de l'effet de coin au niveau de la baie SUD de la cité ainsi qu'à l'extrême EST de cette configuration urbaine où la vitesse de l'écoulement dépasse les 5m/s se qui peut constituer un danger pour les habitants au niveau de

leurs balcons et fenêtres, aussi il y a une disparition des effets de sillages par rapport la hauteur (voir figure 98.8 et 98.9).

b-Sur l'axe x :

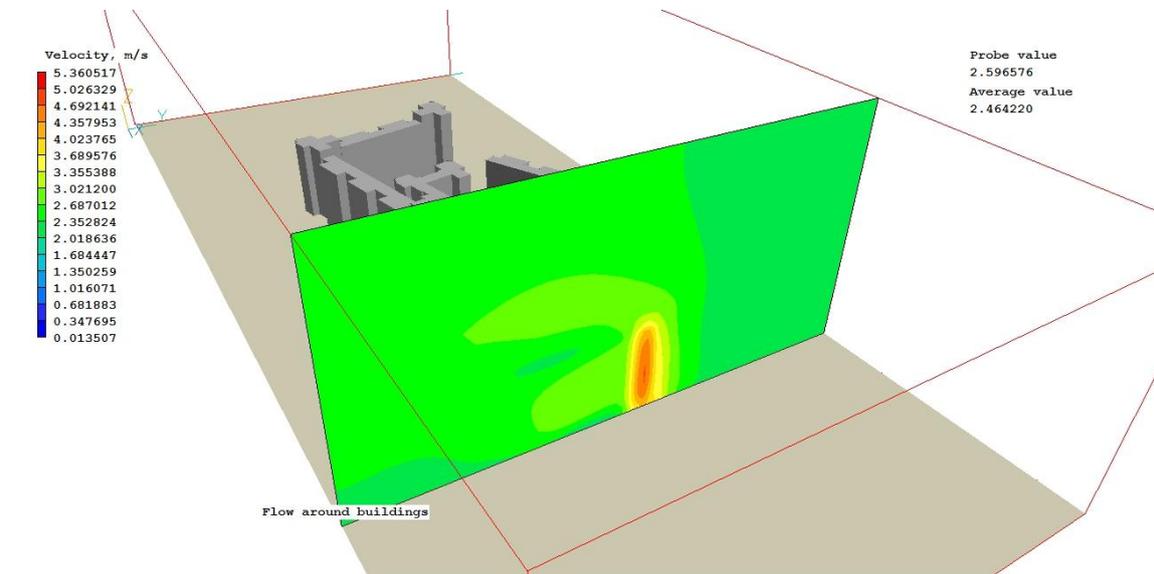


Fig. 98.10 – Représentation des écoulements verticaux du vent sur la limite EST de la cité.

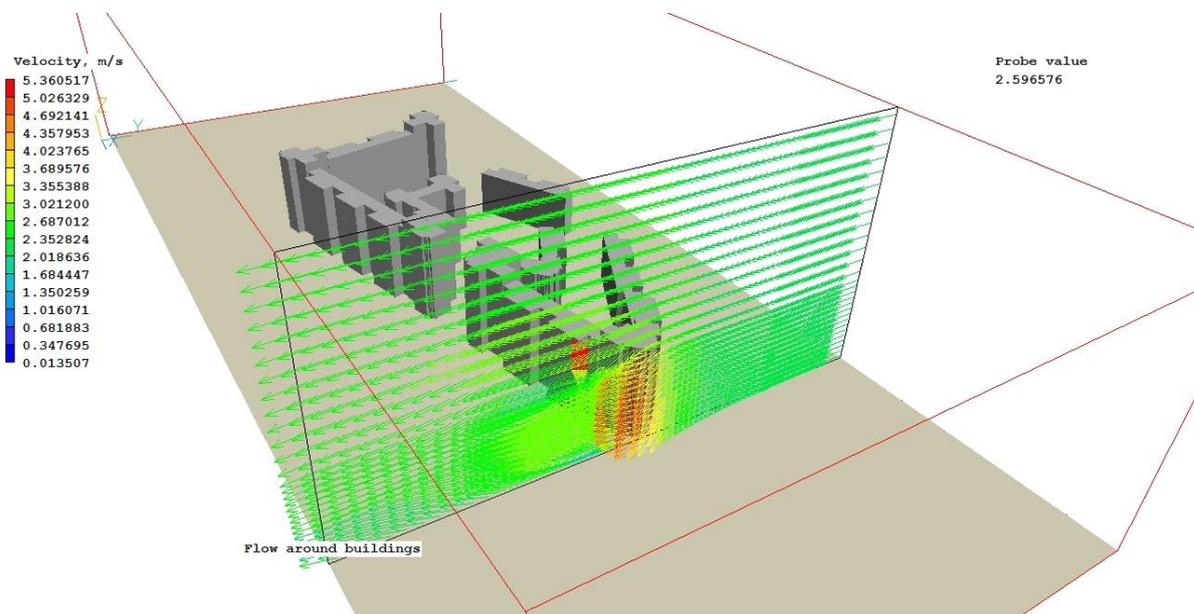


Fig. 98.11 – Représentation vectorielle des écoulements verticaux du vent sur la limite EST de la cité.

Les figure 98.10 et 98.11 montre très clairement l'effet de coin que subi l'extrême EST de la cité où la vitesse de l'écoulement du vent atteint les 5.3m/s se qui es particulièrement inconfortable lorsque le piéton le franchit.

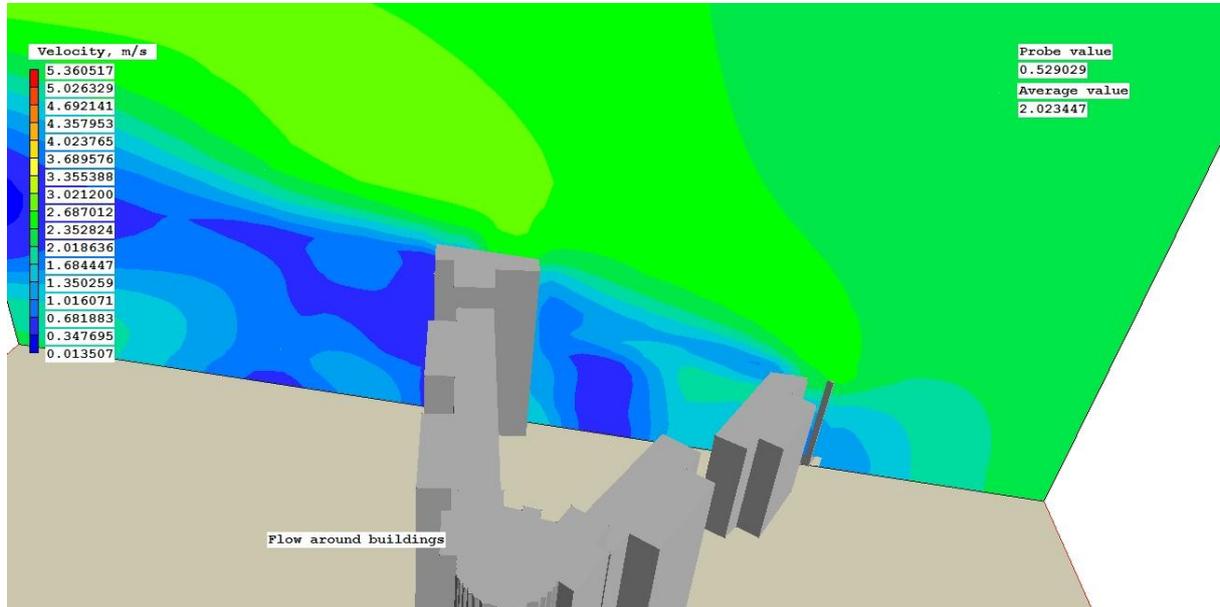


Fig. 98.12 – Représentation des écoulements verticaux du vent a l'interieur de la cité.

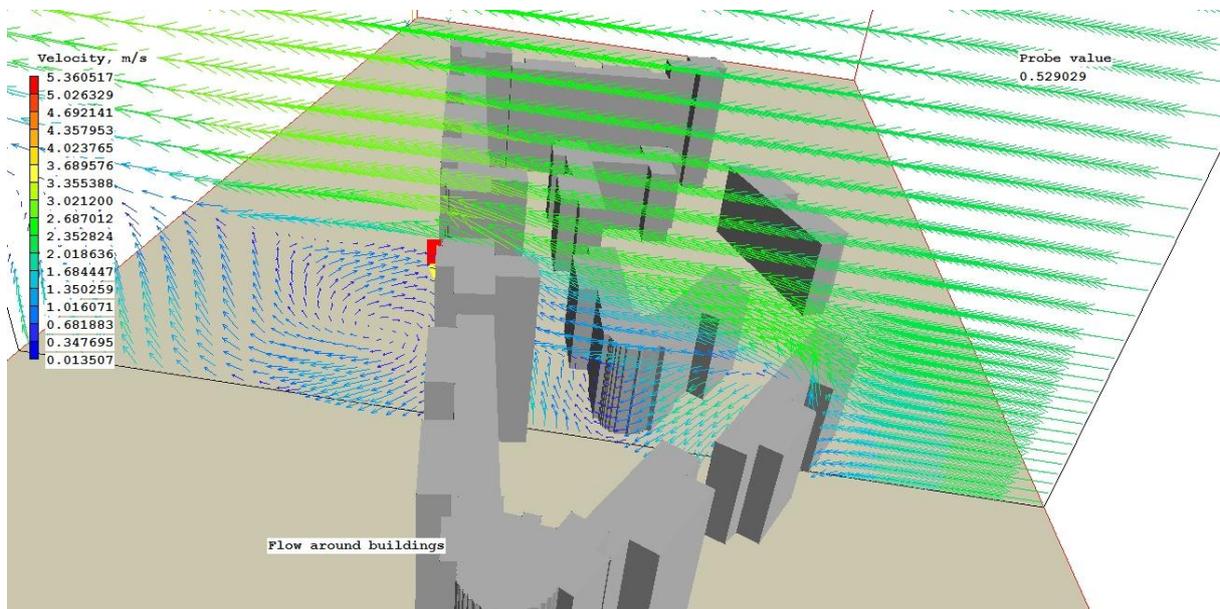


Fig. 98.13 – Représentation vectorielle des écoulements verticaux du vent a l'interieur de la cité.

La figure 98.12 et 98.13 montre la formation de l'effet canyon au centre ou la vitesse de l'écoulement ne dépasse pas les 1.5m/s, aussi on peut constaté qu'il un effet de sillage au SUD de la cité ou la vitesse du vent ne dépasse pas les 1 m/s ,cela peut augmenté le risque de formation d'un ilôt de chaleur a ces deux endroits de la cité ainsi que la concentration de la pollution.

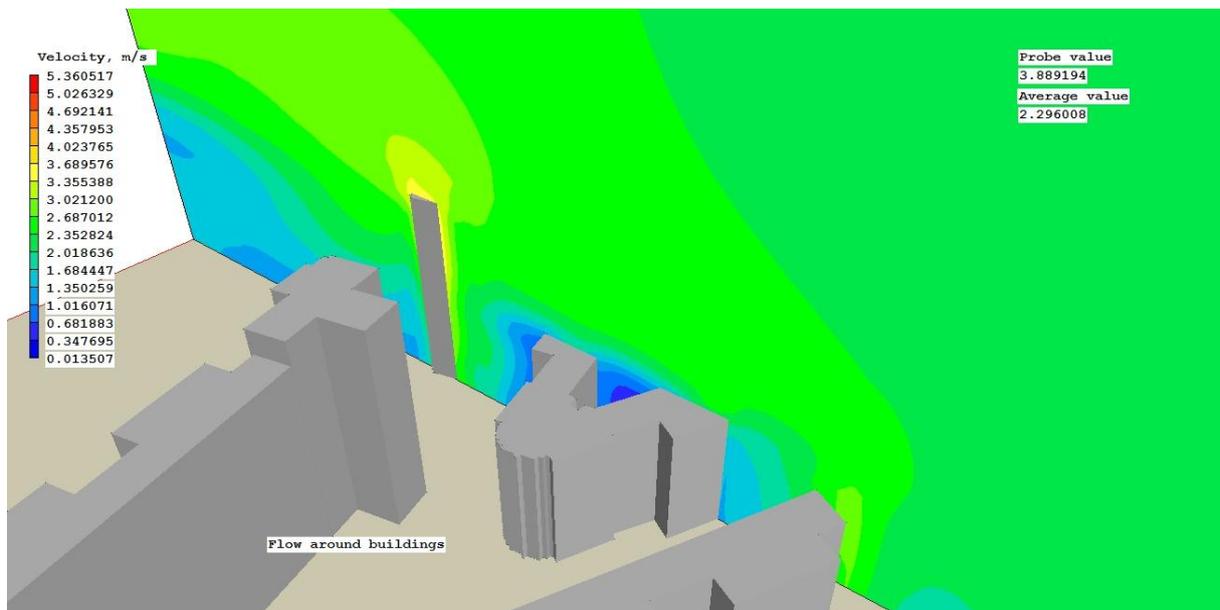


Fig. 98.14 – Représentation des écoulements verticaux du vent a l'interieur de la cité.

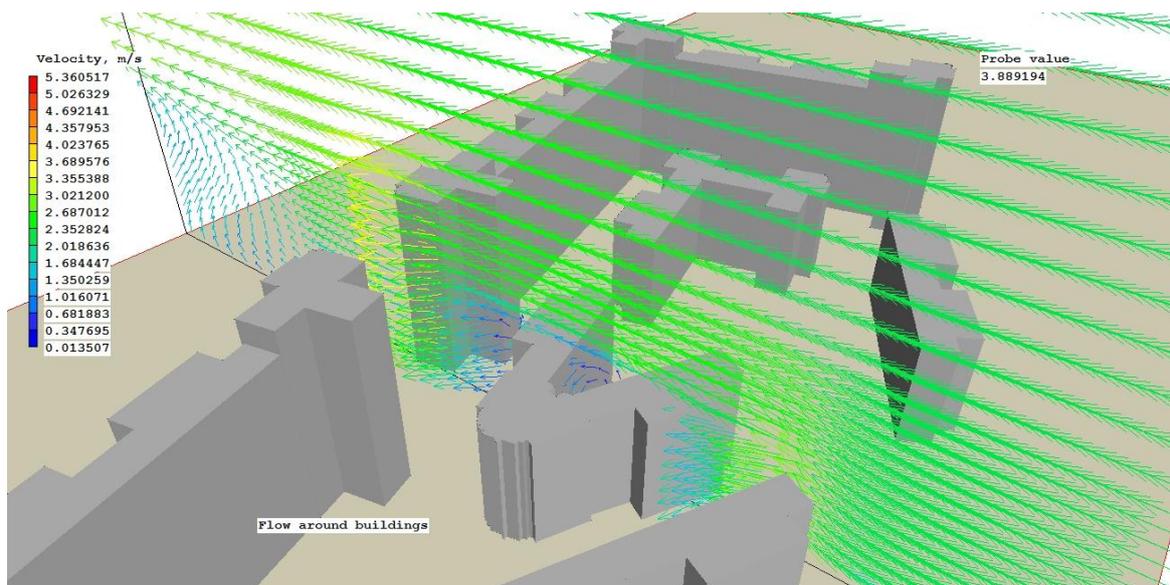


Fig. 98.15 – Représentation vectorielle des écoulements verticaux du vent a l'interieur de la cité.

Les figures 98.14 et 98.15 montre l'effet canyon situer au centre du bâtiment en « V » ou la vitesse du vent ne dépasse pas les 1m/s se qui peut constituer un risque de concentration de la pollution ,on peut aussi constaté l'effet de coin au niveau de la bais SUD de la cité ou la vitesse de l'écoulement atteint les 3.7 m/s se qui peut constituer un danger pour les habitants au niveau de leurs balcons et fenêtres.



Fig. 98.16 – Représentation des écoulements verticaux du vent a l'interieur de la cité.

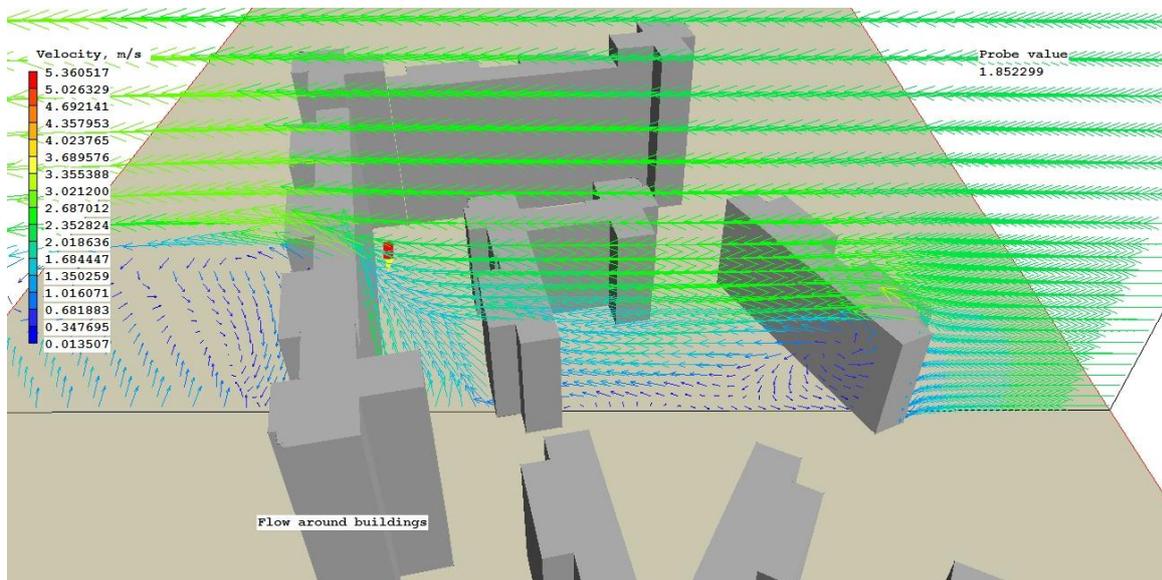


Fig. 98.17 – Représentation vectorielle des écoulements verticaux du vent a l'interieur de la cité.

Les figures 98.16 et 98.17 montre l'apparition de deux rouleaux tourbillonnaires, le premier est situé derrière les deux bâtiments isolés au NORD de la cité où la vitesse de l'écoulement du vent ne dépasse pas les 1m/s et le second au SUD de la cité où la vitesse du vent ne dépasse pas les 1m/s aussi se qui augmente formtement le risque de concentration de la pollution et la formation d'îlot de chaleur urbain, on peut dire que ces bâtiments constituts des écrans pour la cité.

a-Sur l'axe y :



Fig. 98.18 – Représentation des écoulements verticaux du vent a l'interieur de la cité.

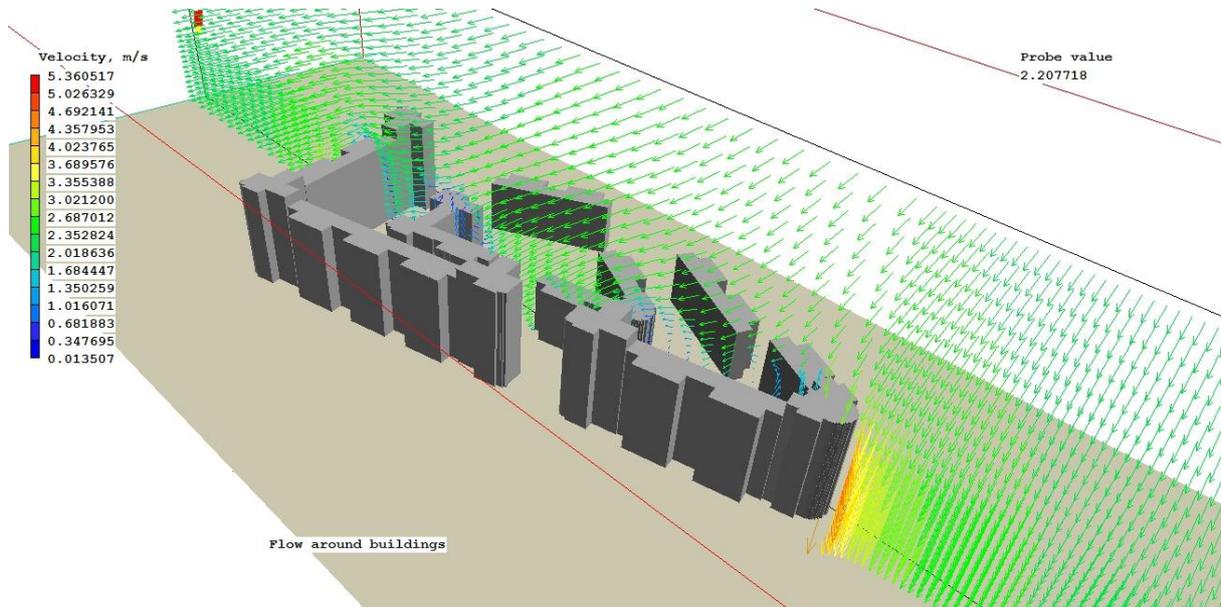


Fig. 98.19 – Représentation vectorielle des écoulements verticaux du vent a l'interieur de la cité.

Les figures 98.18 et 98.19 montre qu'il y a des zones calmes au centre de la cité où la vitesse de l'écoulement du vent ne dépasse pas les 1m/s dans sa totalité se qui augmente le risque de concentration de la pollution et la formation d'ilôt de chaleur urbain ainsi qu'un effet de coin à l'extrême EST de cette configuration urbaine où la vitesse du vent dépasse les 4.5m/s se qui représente un danger pour les habitants au niveau de leurs balcons et fenêtres et constitut un danger sur la sécurité des personnes en cas d'un vent plus violent que cette moyenne.

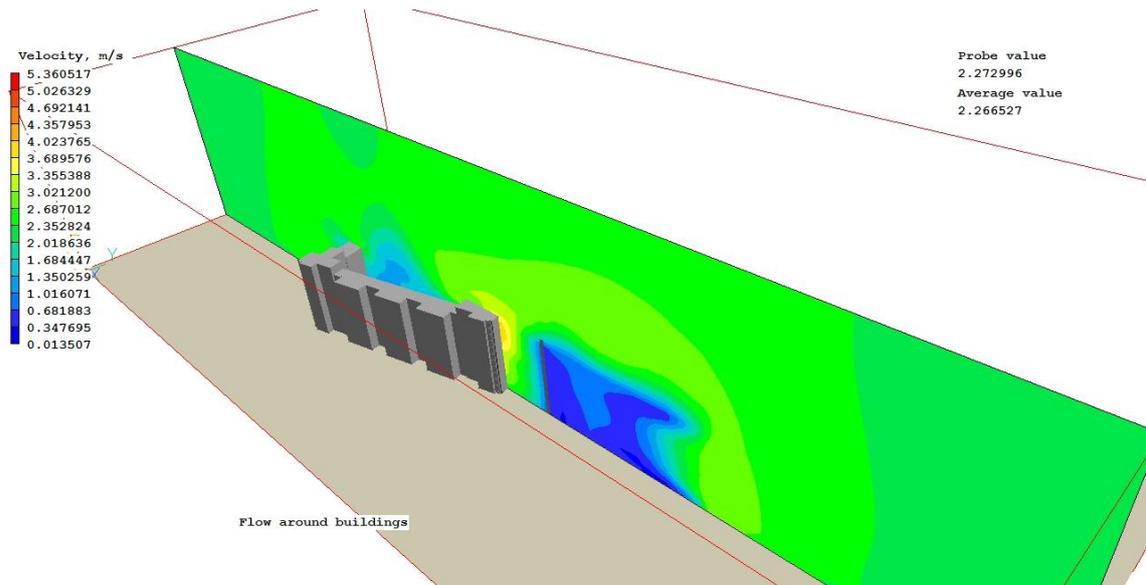


Fig. 98.20 – Représentation des écoulements verticaux du vent a l'intérieur et l'extérieur de la cité.

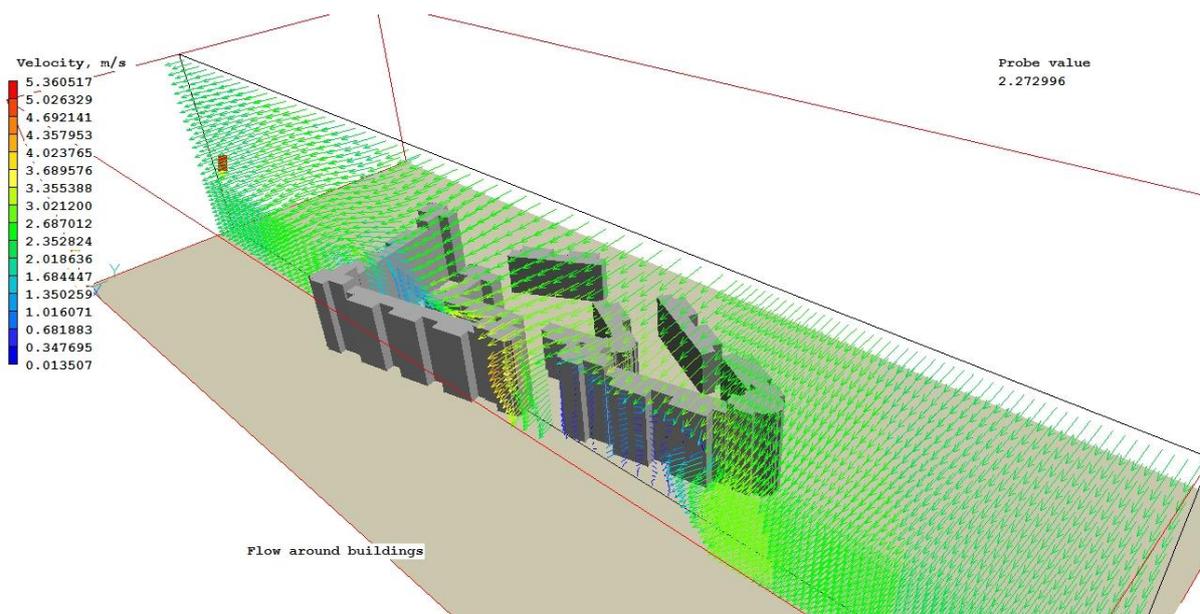


Fig. 98.21 – Représentation vectorielle des écoulements verticaux du vent a l'intérieur et l'extérieur de la cité.

Les figures 98.20 et 98.21 montre que les bâtiments représentent des écrans se qui nous a crée une zone calme au centre à l'OUEST de la cité et au SUD-EST de cette configuration urbaine où la vitesse de l'écoulement du vent ne dépasse pas les 0.5m/s se qui signifie qu'il y a une stagnation d'air ,cela vas augmenté le risque de la concentration de la pollution, d'autre part on remarque une augmentation de la vitesse du vent et l'apparition d'un effet de coin dans la bais SUD de la cité où la vitesse dépasse les 4m/s et cela à plus de 10m de hauteur se qui peut constituer un danger pour les habitants au niveau de leurs balcons et fenêtres en cas de vent plus violent que cette moyenne observé.

Conclusion :

Le présent chapitre consiste à mettre en l'exploitation d'un logiciel de simulation avec la version la plus récente « PHOENICS 2009 ». Ceci nous a permis d'aller plus loin dans notre recherche en explorant de nouvelles fonctions non encore exploités dans les versions précédentes

Le premier objectif de ce chapitre étant de simuler le comportement des écoulements aérauliques sous des conditions réelles en exploitant les capacités de calcul et de la représentation 2D , 3D du logiciel afin d'aboutir à des résultats graphiques montrant les différents effets et comportements de l'écoulement aéraulique ainsi que les vitesses du vent au centre et aux alentours de la cité 1288 logements .

Par rapport à la série des simulations du présent chapitre, nous recensons cinq cas d'anomalie aéraulique au niveau de cette configuration urbaine: effet de coin, effet de sillage, effet de rouleau tourbillonnaire, effet Venturi, effet de canalisation.

Se qui serai judicieux dans ces cas et dans un souci d'amélioré le confort aéraulique est de faire en cas de :

Effet de coin :

- Ceinturer le volume par un élément en rez-de-chaussée.
- Entourer l'élément élevé de constructions telles que : barres à cinq niveaux.
- Diminuer progressivement les hauteurs.
- Prévoir des éléments poreux proches des angles.
- Densifier (végétation, construction basse) le voisinage immédiat des coins.

Effet de sillage :

- Le jeu végétal brise l'effet de sillage.
- Plus l'environnement bâti est dense, plus l'effet de sillage est atténué.

Effet de rouleau tourbillonnaire :

- Introduire des auvents déflecteurs
- Densifier l'environnement proche.
- Introduire une porosité au-dessus du niveau piéton.

Effet Venturi :

- Réaliser des bras poreux.
- Densifier l'environnement immédiat (même hauteur si possible).
- Ouvrir ou fermer franchement l'angle du Venturi.
- Prolonger au maximum au-delà de l'étranglement l'un des bras.
- Ne jamais associer un divergent à la suite d'un collecteur.

Effet de canalisation :

- Proposer une direction de rues sous une incidence comprise entre 90° et 45°.
- Laisser des espacements (porosité) définissant mal les liaisons.
- Favoriser les décrochements de bâtiments pour introduire des pertes de charge.

L'évaluation des effets du vents dans une configuration urbaine récente à la nouvelle ville Ali Mendjeli montre que la dimension aéraulique n'a pas été prise en compte dans la conception de ces nouveaux quartiers, ce qui peut avoir pour effets la formation d'îlots de chaleurs dans les zones calmes où la vitesse de l'air est inférieur à 1 m/s (référence aux similuations précédentes), comme on le constate précédement dans les différents mois types où l'apparition de zones de survitesse dans certains angles de configurations urbaines pouvant poser une série de contraintes et particulièrement d'inconfort dans les usages habités des immeubles.

Conclusion générale et recommandations :

La présente recherche traite les effets de l'écoulement du vent sur les ensembles bâtis. L'effet du milieu urbain sur le climat prend en considération une échelle qualifiée de microclimatique. L'examen de modifications du sens et la vitesse du vent à travers les différentes saisons nous a permis de dégager une lecture sur les phénomènes dû au vent par l'interaction avec les ensembles bâtis et ainsi de faire sortir les anomalies de la conception architecturale initiale. L'analyse des caractéristiques de la micro climatologie urbaine nous incite à éclaircir les effets du phénomène « vent » qui était notre point de départ de la problématique relative au micro climat urbain.

Nous rappelons que cette recherche a nécessité trois phases précédemment détaillées, une partie théorique issue d'une analyse bibliographique répartie sur deux chapitres : cette partie fût entamée par la présentation des différents aspects physiques du vent aux différentes échelles. Ensuite, on a recensé différents effets du vent sur le paysage. L'intérêt était d'assurer une bonne connaissance et une meilleure compréhension des effets du vent dans le milieu naturel afin de pouvoir évaluer leurs effets en milieux urbains, par ailleurs une présentation sur les notions de l'aérodynamique en générale et de la CFD (Computational Fluid Dynamics) en particulier était nécessaire pour mieux comprendre la philosophie de ces logiciels de simulations dans le but de mieux les utiliser, d'un autre côté, un aperçu a été donné sur le climat et l'aménagement de l'environnement urbain afin de mieux comprendre ce dernier .

Puis, on a procédé à une approche analytique dont l'objectif est de présenter les différents effets que peut avoir le vent en milieux urbains et spécifiquement sur des configurations urbaines bien précises afin de mieux comprendre les différentes anomalies que peut avoir la conception architecturale et pour que ça puisse représenter aussi un support de comparaison pour la prochaine phase expérimentale, dans ce contexte des études on était présenté pour mieux comprendre l'intérêt que porte les chercheurs depuis longtemps dans le domaine de la ventilation urbaine, aussi une présentation générale du logiciel de simulation a été faite pour mieux comprendre son intérêt dans les recherches scientifiques qui traitent de mécanique des fluides essentiellement, et enfin une autre méthode d'analyse a été présentée qui est « La soufflerie climatique », cette dernière a représenté depuis longtemps l'unique façon d'étudier les écoulements du vent avant l'apparition de logiciel de CFD.

En allant de l'échelle macro à celle micro, il a fallu consacrer un chapitre entier pour présenter les différents climats en Algérie généralement et une analyse climatique détaillée à Constantine spécifiquement.

La simulation numérique constitue la deuxième partie de la recherche et représente **le quatrième** chapitre. Elle s'est basée sur un code CFD appelé « PHOENICS » qui a permis de donner des résultats assez précis sur le comportement des écoulements du vent dans le milieu bâtis.

En procédant à la modification de la vitesse et l'orientation du vent selon les quatre saisons, il s'est avéré que la cité n'a pas été pensée d'un point de vue aérodynamique et cela est dû aux différentes anomalies recensés. Lorsque le phénomène vent paraît poser un problème dans un plan de masse et plus généralement dans les opérations de grandes importances, les guides et conseils pratiques ne sont plus suffisants pour la conception. Il est alors souhaitable d'avoir recours aux spécialistes en climatologie et en aérodynamique qui jugeront de l'opportunité ou non de déclencher les études spécifiques sur le terrain et en soufflerie ou avec les logiciels de CFD.

L'acuité du phénomène vent dans un projet est définie par un certain nombre de clefs :

- Les données climatiques : en partant des données météorologiques des stations les plus proches, on peut définir les régimes des vents dominants en fonction de leurs forces. L'étude peut être pondérée par la saison ou l'heure de la journée.
- La topographie du site : le vent par le jeu du relief se trouve dévié, canalisé par la présence des perturbations géographiques d'échelle importantes vis-à-vis de celles du vent. De là, il peut s'établir des zones d'écoulement privilégiées à travers le site ou des zones « mortes » ou encore largement tourbillonnaire. Le concepteur doit donc être très vigilant dans le choix de ses implantations.
- La nature des constructions et leur juxtaposition.
- Le degré du confort recherché, celui-ci étant directement fonction des activités introduites dans le plan de masse.

Il est bien évident que cette démarche de base suppose une communion étroite entre scientifiques et aménageurs.

L'urbaniste ou l'architecte dispose donc d'un moyen théorique d'identification dans le tracé de son plan de masse des zones susceptibles d'être critiques ou clémentes vis-à-vis du confort de l'homme, et par la suite l'intervention directe dans les premiers stades du projet.

Nous rappelons que toute optimisation des masses construites ne peut être faite en général au niveau de la conception que pour un secteur de vent dominant (deux au grand maximum). Il n'est pas possible (sauf pour un plan de masse à l'aérodynamique

bien particulière et directement issu du savoir aéronautique) de contrôler le vent de manière efficace tous azimuts.

Le concepteur lors de son étude théorique et de ces choix devra conserver en mémoire :

- Le rôle pondérant de la rugosité rencontrée par les vents en amonts incidents.
- La fréquence de gêne (en fonction du site) associée localement au paramètre du confort.

Enfin, vue la complexité des phénomènes aérodynamiques dans les ensembles bâtis, nous conseillons vivement aux aménageurs, notamment lors de leur bilan « théorique » sur un plan masse, de faire appel aux spécialistes aérodynamiciens et climatologues exercés à ce type de réflexion.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE :

OUVRAGES :

- [01] Catherine Charlot-Valdieu et Philippe OUTREQUIN, « Développement durable et renouvellement urbain, des outils opérationnels pour améliorer la qualité de vie dans nos quartiers », Paris, Ed. l'Harmattan villes et entreprises, 2006.
- [02] Amos Rapoport, « Pour une anthropologie de la maison », Paris, Ed. Dunod, 1972.
- [03] Ali Hadjiedj, Claude Chaline, Jocelyne DUBOIS-MAURY, « Alger, les nouveaux défis de l'urbanisation » Condé-sur-noireau, Ed. l'Harmattan, 2004.
- [04] Remy Allain, « Morphologie urbaine », Ed. ARMAND COLIN, Paris, 2004.
- [05] Jaques Repiquet, François-Xavier Jeuland « Architectures à vivre », Ed. EYROLLES, Paris, 2007.
- [06] Dominique Gauzin-Müller, « L'architecture écologique », Ed. LE MONITEUR, Paris, 2001.
- [07] P. le Chapellier, « Le vent les éoliennes et l'habitat », Ed. EYROLLES, Paris 1981.
- [08] Edward Mazria, « Le guide de l'énergie solaire passive », Ed. PARENTHÈSES, 1981.
- [09] Dominique Gauzin-Müller, « 25 maisons écologiques », Ed. LE MONITEUR, 2005.
- [10] David Wright, « Soleil, Nature, architecture », Ed. Parenthèses, 1979.
- [11] Marcel Bottema, « WIND CLIMATE AND URBAN GEOMETRY », 1993.
- [12] Collection « Technique de l'ingénieur »
- [13] Versteeg (H.K.) et MALALASEKERA (W.). – An introduction to computational fluid dynamics: the finite volume method. Longman, 1998.
- [14] Ferziger (J.H.) et PERIC (M.). – Computational methods for fluid dynamics. Springer, 1996.
- [15] Wilcox (D.C.). – Turbulence modelling for CFD. DCW Industries, 1993.
- [16] Hirsch (C.). – Numerical computation of internal and external flows. Wiley, 1992.

[17] Libby (P.A.). – Introduction to turbulence. Taylor and Francis, 1996.

[18] Patankar (S.V.). – Numerical heat transfer and fluid flow. Taylor and Francis ,1980.

[19] Gerard Guyot, « Climatologie de l'environnement. Cours et exercices corrigés, 2ème édition », collection : science Sup, 1999.

THESES ,MEMOIRES ET REVUES :

[20] Emmanuel Bozonnet, thèse doctorat, « Impact des microclimats urbains sur la demande énergétique des bâtiments cas de la rue canyon »,2005, Université de la Rochelle.

[21]Shuzo Murakami, Hiroshi Yoshino ,Shinsuke Kato,Takeshi Harada, Tetsuya Hiramatsu« Sample Data for Testing Models of Air and Temperature Prediction in Large Enclosures » juillet 1994.

[22]S. Swerdlin, T. Warner, J. Copeland, D. S. Swerdlin, T. Warner, J. Copeland, D. Hahn, J. Sun, R. Sharman, Y. Liu, J. Knievel, Hahn, J. Sun, R. Sharman, Y. Liu, J. Knievel,A. Crook, M. Raines « Combining mesoscale, nowcast, and CFD model output in near real-time for protecting urban areas and buildings from releases of hazardous airborne materials », National Center for Atmospheric Research.

[23]E. Djunaedy, J.L.M. Hensen and M.G.L.C. Loomans ,« Comparing internal and external run-time coupling of CFD and building energy simulation software », Center for Building and Systems, <http://www.kcbs.nl>.

[24]J. Pospisil¹,M. Jicha¹, A. Niachou² and M. Santamouris,« COMPUTATIONAL MODELLING OF AIRFLOW IN URBAN STREET CANYON AND COMPARISON WITH MEASUREMENTS » 9th Int. Conf. on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes

[25]Yasunobu Ashie, Takaaki Kono, Keiko Takahashi,« Development of Numerical Simulation Model of Urban Heat Island », Chapter 1 Atmospheric and Oceanic Simulation.

[26] Marina K-A Neophytou¹ and Rex E Britter², «MODELLING THE WIND FLOW IN COMPLEX URBAN TOPOGRAPHIES: A COMPUTATIONAL-FLUID-DYNAMICS SIMULATION OF THE CENTRAL LONDON AREA »,5th GRACM International Congress on Computational Mechanics, juillet 2005.

[27] Stevens T. Chan*, Tom D. Humphreys, and Robert L. Lee, « A SIMPLIFIED CFD APPROACH FOR MODELING URBAN DISPERSION», Lawrence Livermore National Laboratory, 2002.

[28] Atila Novoselac, «COMBINED AIRFLOW AND ENERGY SIMULATION PROGRAM FOR BUILDING MECHANICAL SYSTEM DESIGN », A Thesis in Architectural Engineering, mai 2005.

[29] Zhiqiang Zhai and Qingyan Chen Massachusetts Institute of Technology Cambridge & Joseph H. Klems and Philip Haves Lawrence Berkeley National Laboratory Berkeley ,«STRATEGIES FOR COUPLING ENERGY SIMULATION AND COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS PROGRAMS », *Seventh International IBPSA Conference*, Rio de Janeiro, Brazil, 2001.

[30] Charles R. Broderick, III and Qingyan Chen, «A SIMPLE INTERFACE TO CFD CODES FOR BUILDING ENVIRONMENT SIMULATIONS », *Seventh International IBPSA Conference*, Rio de Janeiro, Brazil, 2001.

[31] Dr. Garry Palmer¹, Dr Bernardo Vazquez¹, Graham Knapp², Dr. Nigel Wright², «THE PRACTICAL APPLICATION OF CFD TO WIND ENGINEERING PROBLEMS», *Eighth International IBPSA Conference* Eindhoven, Netherlands , 2003.

[32] Kazuya Takahashi¹, Harunori Yoshida², Yuzo Tanaka³, Noriko Aotake¹ and Fulin Wang¹, «HEAT FLUX MEASUREMENT OF URBAN BOUNDARY LAYERS IN KYOTO CITY AND ITS PREDICTION BY CFD SIMULATION», *Eighth International IBPSA Conference* Eindhoven, Netherlands , 2003.

- [33] J.D. McAlpine and Michael Ruby, «Using CFD to Study Air Quality in Urban Microenvironments », Chapter 1 of *Environmental Sciences and Environmental Computing. Vol. II* (P. Zannetti, Editor). Published by The EnviroComp Institute (<http://www.envirocomp.org>),2004.
- [34] Fan Wang and Cheng-Hu Hu, « APPLYING CFD IN DESIGN FOR BETTER WIND ENVIRONMENT OF OPEN SPACES», CIBSE National Conference , London, October 2002.
- [35] Silvana Di Sabatino, Riccardo Buccolieri, Beatrice Pulvirenti and Rex Britter, «Application and validation of FLUENT flow and dispersion modelling within complex geometries», *Developments in Environmental Science, Volume 6*, C. Borrego and E. Renner (Editors), 2004.
- [36] Riccardi Buccolieri and Silvana Di Sabatino, «FLOW AND POLLUANT DISPERSION IN URBAN ARRAYS FOR THE STANDARDIZATION OF CFD MODELLING PRACTISE »,Proceedings of the 11th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes,2007.
- [37] Cheng-Hsin Chang, Robert N. Meroney, «Concentration and flow distributions in urban street canyons: wind tunnel and computational data», *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* , (2003).
- [38] Andrea M. Jones, «Computational Fluid Dynamics for Wind Energy Production in an Urban Setting», *Research Experiences for Undergraduates; Japan Advanced Technology, Florida A&M University-Florida State University*,2003.
- [39]Dr. Yuguo Li, «Indoor Air Quality(Part 3-Human requirement and Investigation Methodologies»,*Healthy Buildings*,2003.

[40] D. M. McEligot, Drs. K. J. Knight and G. L. McAllister, Bechtel R&D Group, «Physical and computational modeling of airflow around buildings», INEEL Bechtel CFRD program, 2000-2001.

[41] Liddament, Martin W. Air Infiltration and Ventilation Centre Science Park, Sovereign Court Sir, «SIMULATION TECHNIQUES FOR VENTILATION AND AIR FLOW PREDICTION», Modelling building energy processes, 2006.

[42] Tamás Réger, Tamás Lajos, Ákos Csécs, István Goricsán, Márton Balczó, «Urban Pollutants in Budapest», 2004.

[43] Riccardo Rossi, Gianluca Iaccarino, «Numerical simulation of scalar dispersion downstream of a square obstacle using gradient-transport type models», 2009.

[44] Christoph Nytsch-Geusen, Carsten Klempin, J. Nuñez v. Voigt, Jörg Rädler, «INTEGRATION OF CAAD, THERMAL BUILDING SIMULATION AND CFD BY USING THE IFC DATA EXCHANGE FORMAT», *Eighth International IBPSA Conference*, Eindhoven, Netherlands, 2003.

[45] M. Glória Gomes, A. Moret Rodrigues, Pedro Mendes, «WIND EFFECTS ON AND AROUND L- AND U-SHAPED BUILDINGS», Department of Civil Engineering and Architecture, Instituto Superior Técnico/ICIST, Technical University of Lisbon, Lisbon, Portugal, 2003.

[46] Jane W Z Lu, Isaac Y F Lun, Joseph C Lam, «CFD INVESTIGATION OF AIRFLOW AROUND OBJECTS WITH DIFFERENT SHAPES», Department of Building & Construction, City University of Hong Kong .

[47] C-A Roulet, M Germano, F Allard, C Ghiaus, «POTENTIAL FOR NATURAL VENTILATION IN URBAN CONTEXT: AN ASSESSMENT METHOD», *Proceedings: Indoor Air 2002*.

[48] A.K.M. Chu, R.C.W. Kwok, K.N. Yu, «Study of pollution dispersion in urban areas using Computational Fluid Dynamics (CFD) and Geographic Information System (GIS) »,Short communication
,2004.

[49] Alberto Martilli, «State of the art of urban mesoscale modelling and possible use of the Helsinki testbed data », CIEMAT, Madrid, Spain, 2002.

[50] *Michael J. Brown* « Urban Parameterizations for Mesoscale Meteorological Models»,
Los Alamos National Laboratory.

[51] L.AICHE-HAMANE et A.KHELLAF, «Cartographie des ressources éoliennes de l'Algérie»,CDER,BULLETIN des SCIENCES GEOGRAPHIQUES N°112003, ALGER.

[52] J.GANDEMER,INGENIEUR AERODYNAMICIEN,C.S.T.B , «LES EFFETS AERODYNAMIQUES DU VENT DANS LES ENSEMBLES BÂTIS»,NANTE – ADYM, technique & architecture n°325 juin- juillet ,PARIS, 1979 .

[53] Shaun Killa BAS, BArch, Richard F Smith MSc. C.Eng, MCIBSE, «Harnessing Energy in Tall Buildings: Bahrain World Trade Center and Beyond», CTBUH 8th World Congress 2008.

[54] Saddok Houda, Nouredine Zemmouri, Rachid Athmani , Rafik Belarbi, « Modeling the wind flow in complex vernacular urban fabrics: A computational-fluid-dynamics simulation of the central Ghardaia area» department d'architecture de Biskra 2011.

SITES WEB:

- 1- www.atmosphere.mpg.de
- 2- www.fluent.com.
- 3- www.cham.co.uk.
- 4- www.elsevier.com.
- 5- www.universalis-edu.com.
- 6- www.techniques-ingenieur.fr.
- 7- www.windatlas.dk.

ANNEXES

ANNEXE 4 DONNEES METEOROLOGIQUE RELATIVE A LA VILLE DE
CONSTANTINE SUR 10 ANS (STATION AIN EL BEY).

Données météorologique relative à la ville de Constantine sur 10 ans (Station Ain El Bey) :

Années	Valeurs	jan	fév	mar	avr	mai	jun	jul	aut	sep	oct	nov	déc
2000	Précip	17,4	19,1	14,3	32,9	84,4	43,6	0,0	15,7	18,4	38,3	31,7	57,7
	Tn	-0,3	2,6	5,0	8,3	13,4	15,4	18,9	18,5	15,5	10,7	7,0	4,0
	Tx	10,6	14,3	18,0	21,6	27,8	29,7	35,1	35,1	29,5	22,0	18,6	15,4
	EVA	24,3	35,9	59,1	88,2	94,3	96,4	166,0	176,4	101,5	71,1	69,7	45,7
2001	Précip	123,4	44,7	17,6	38,3	52,9	0,0	0,2	10,4	79,2	48,3	28,5	20,0
	Tn	3,6	2,4	7,9	6,3	11,2	15,6	19,1	19,0	16,1	14,1	6,8	2,5
	Tx	13,5	13,6	21,4	19,0	24,0	32,0	35,9	34,7	29,1	27,7	16,1	11,9
	EVA	45,5	48,1	97,0	59,6	74,4	159,9	182,6	158,8	73,5	88,6	36,2	27,7
2002	Précip	23,5	53,3	18,2	31,8	17,0	4,5	19,4	24,0	22,3	26,8	134,7	109,7
	Tn	1,2	3,1	5,7	8,1	11,4	16,6	18,8	19,0	15,4	11,6	8,3	5,3
	Tx	12,9	15,6	17,5	21,0	26,8	33,3	33,5	33,1	28,4	25,4	16,8	14,0
	EVA	35,8	40,6	64,8	87,8	119,3	155,3	152,4	134,6	94,3	90,7	68,5	33,8
2003	Précip	231,2	50,2	31,7	120,1	44,4	1,2	2,4	11,1	61,5	46,0	19,8	148,0
	Tn	3,8	2,6	5,6	8,6	11,6	17,4	20,1	19,7	15,6	14,0	7,2	2,6
	Tx	11,1	11,0	16,5	19,8	24,7	33,4	37,0	35,7	27,6	24,1	17,8	11,8
	EVA	33,9	30,2	51,1	50,2	63,1	129,8	216,7	199,7	101,9	97,4	55,7	34,7
2004	Précip	87,2	11,5	66,4	47,5	66,2	29,7	0,6	12,9	24,5	30,4	142,9	181,2
	Tn	2,8	3,0	5,0	6,2	9,3	13,9	17,6	19,2	14,7	12,6	5,8	4,3
	Tx	12,4	15,4	16,9	17,7	21,6	29,0	34,0	35,5	28,8	27,2	14,7	11,9
	EVA	33,4	61,4	60,3	48,8	68,9	93,5	169,2	172,3	106,3	118,8	29,4	29,4
2005	Précip	46,0	55,8	28,7	61,4	6,8	13,9	7,9	6,8	14,4	2,1	18,6	63,1
	Tn	0,1	0,9	5,6	7,6	11,1	16,1	19,1	17,3	14,8	11,7	6,6	3,0
	Tx	9,9	8,9	16,9	19,3	27,3	31,4	34,7	32,5	28,4	25,4	18,3	11,9
	EVA	20,7	30,3	60,3	61,5	108,7	160,8	186,5	177,9	111,3	74,9	71,5	52,6
2006	Précip	78,9	50,3	33,4	14,7	83,8	3,6	0,9	18,6	26,2	10,0	19,1	118,8
	Tn	1,6	2,4	4,7	8,9	13,8	16,3	18,4	17,1	14,2	12,1	6,5	4,2
	Tx	10,4	12,3	18,1	22,9	27,5	33,5	34,9	32,8	28,9	27,2	19,3	13,2
	EVA	34,7	41,2	97,7	107,1	111,6	234,5	212,4	156,7	127,9	142,4	56,1	34,9
2007	Précip	14,2	28,9	117,8	66,2	26,1	13,6	4,3	2,4	59,9	39,1	23,8	84,4
	Tn	2,4	4,2	3,9	8,1	9,3	15,4	17,2	18,1	14,7	11,9	4,6	2,7
	Tx	15,1	15,1	14,7	19,0	24,4	31,3	35,0	34,5	28,9	23,1	16,1	12,1
	EVA	41,9	49,4	43,7	61,2	92,2	154,1	209,6	196,8	122,3	84,5	46,2	31,1
2008	Précip	9,9	8,7	72,6	23,1	58,2	5,8	11,3	33,9	38,8	21,0	37,6	27,0
	Tn	1,7	1,9	3,6	6,3	11,7	13,8	19,0	18,2	16,0	11,2	5,1	2,5
	Tx	13,9	15,1	16,2	21,2	25,8	30,0	35,8	35,1	29,1	23,7	16,3	12,1
	EVA	38,6	41,9	63,3	86,0	112,5	125,3	198,6	184,8	125,4	73,4	62,7	36,0
2009	Précip	76,4	48,6	81,1	113,3	43,4	0,0	2,0	37,5	103,9	1160,4	24,9	47,1
	Tn	2,9	2,3	3,6	5,3	10,0	13,3	19,0	18,1	14,7	10,3	5,1	4,8
	Tx	12,1	11,9	16,0	16,4	25,3	31,6	37,1	34,5	26,4	21,5	18,5	15,5
	EVA	42,3	45,6	67,8	40,4	79,6	165,1	228,3	168,3	91,0	77,1	62,1	75,8

Précipitations : total mensuel en mm.

Tn : Température minimale.

Tx : Température maximale.

EVA : Evaporation, total mensuel en mm.

Vitesse moyenne du vent en m/s sur 10ans :

Années	jan	fév	mar	avr	mai	jun	jul	aut	sep	oct	nov	déc
2000	1.0	2.4	2.1	3.7	3.0	2.5	2.9	2.4	2.6	3.3	3.2	2.8
2001	3.2	2.9	2.9	2.6	2.5	2.4	2.6	2.2	1.9	1.4	2.0	1.8
2002	1.8	2.1	2.7	3.5	2.8	2.5	2.8	2.7	2.1	2.1	4.1	3.1
2003	4.5	3.0	2.1	2.6	2.1	2.1	2.8	2.6	1.9	2.5	2.1	3.2
2004	2.6	2.5	2.3	2.9	2.9	2.1	2.1	2.1	1.8	1.4	2.0	2.3
2005	2.2	3.1	2.2	2.4	1.8	2.1	2.0	2.2	1.7	1.2	2.1	2.1
2006	2.5	3.0	2.4	2.3	1.7	2.6	2.1	1.9	1.5	1.3	1.3	1.1
2007	0.9	2.2	2.2	2.0	1.8	2.3	1.9	2.2	2.0	1.9	1.3	1.7
2008	1.6	1.1	2.8	2.5	2.4	2.3	2.3	1.9	1.7	1.8	2.5	2.5
2009	3.0	3.3	2.6	2.3	1.6	1.8	2.0	2.0	1.8	1.9	1.6	3.4

Insolation total en heures sur 10ans :

Années	jan	fév	mar	avr	mai	jun	jul	aut	sep	oct	nov	déc
2000	180,6	218,6	232,2	264,3	265,5	322,1	355,6	316,8	245,9	228,1	189,9	187,5
2001	173,2	206,9	258,0	252,9	276,7	353,2	323,7	294,2	253,7	254,0	154,4	160,2
2002	189,9	203,4	248,6	252,3	286,9	334,4	305,3	258,4	249,5	247,6	137,4	157,3
2003	119,2	147,6	232,4	228,2	268,9	323,7	326,8	304,0	205,7	169,8	171,2	141,9
2004	158,6	204,0	211,9	232,2	244,9	305,1	349,1	305,2	245,3	205,9	139,3	100,4
2005	181,3	122,4	189,3	189,9	339,5	305,3	334,3	298,3	237,1	230,5	188,3	142,1
2006	126,0	156,7	235,4	248,8	247,1	288,5	343,1	322,6	267,7	258,1	197,4	135,8
2007	192,7	177,5	192,5	184,8	287,8	283,1	376,2	307,3	250,0	173,0	185,2	118,0
2008	204,6	208,3	222,7	263,9	245,1	326,4	327,7	328,2	200,6	209,1	199,7	148,2
2009	141,9	156,6	242,2	197,1	291,3	360,0	347,5	301,3	229,4	221,0	192,4	159,6

ملخص:

تعتبر الرياح من العوامل التي لقيت اهتماما بالغا في البحوث المعمارية والعمرانية وخصوصا في الميدان الحيوي المناخي. وفي الحقيقة دوره الطاقوي الصحي جعله من الطاقات البديلة التي كثر حولها النقاش في هذا القرن، أين صار المحيط والتنمية المستدامة وتحسين ظروف الحياة، من المفاهيم الناجعة في التحدي الموجه ضد التسخين المناخي الآلي.

التركيب التسلسلي التاريخي للإنتاج العمراني في الجزائر بعد الاستقلال يبين اختلالا في المجال الفراغي الزمني، أين كان من الواجب على البحوث العلمية تحديد الأفاق الاستراتيجية ، وفهم وتفنين الأبعاد الخفية لإشكالية معقدة ومتفاعلة ... ولهذا فإن تعلق العمران بالمحيط يشكل مقاربة مستحدثة، أين نحاول مع البعد الحيوي المناخي المقترح في هذا البحث إدراج عامل الريح بصفة أساسية في تدخلاتنا من أجل التهيئة العمرانية والتنظيم المجالي للمدن الجديدة المستقبلية.

النقاش حول المدن الجديدة كحل قوي للأزمة العمرانية و الاحتياطات العقارية في الجزائر، تم على عجل وبصورة مكثفة في مرحلة تحول اجتماعي وثقافي واقتصادي وسياسي، أين لم يكن باستطاعة المشتغلين في مجال العمران إيجاد الحلول المناسبة بين صياغة مفهوم المدن الجديدة وكيفية تجسيدها في الواقع. المدينة الجديدة "علي منجلي" لم تخرج هذا الوضع السابق وذلك فهي تشكل مجالا للبحث العلمي بالغ الأهمية.

هذا البحث يضع مسبقا عن طريق المحاكاة في ميدان التهوية وبالرجوع إلى طريقة CFD (حساب حركة الموائع) في موقع الدراسة U.V 7 في المدينة الجديدة علي منجلي، إثبات حالة فشل لعمليات تصور وإدماج التركيب العمراني. نحاول من خلال أطروحتنا للماجستير الاستفادة من التخصصات العلمية في الميدان المعماري والعمراني، من أجل ضمان قرار مستدام وواقعي.

الكلمات المفتاحية:

CFD (حساب حركة الموائع)، جريان الهواء، PHOENICS 2009 ، U.V 7 علي منجلي، الريح.

Résumé :

Le vent reste sans doute l'un des paramètres les mieux convoités dans la recherche architecturale et urbaine contemporaine et plus particulièrement dans le domaine bioclimatique. En effet, son rôle énergétique et hygiénique, le dispose à constituer l'une des énergies alternatives les mieux discutés durant ce siècle, où les concepts d'environnement, de développement durable et de l'amélioration de la qualité de vie, apparaissent comme salutaire aux challenges alloués à la lutte contre le réchauffement climatique.

La construction chronologique de la production urbaine en Algérie postcoloniale confirme un contexte spatio-temporel de rupture, où la recherche scientifique doit être en mesure de se tracer des perspectives stratégiques en mesure de faire comprendre et codifier les dimensions cachées d'une problématique urbaine complexe et interactive... De ce fait, les rapports de l'urbanisme à l'environnement constitue une approche innovatrice, dans laquelle la dimension bioclimatique proposée dans la présente recherche essaie d'inclure essentiellement le paramètre « vent » dans nos actes de planification urbaine et d'organisation spatiale des villes nouvelles de demain.

Le discours sur les nouvelles villes comme solutions potentielles à la crise urbaine et celle des réserves foncières en Algérie, c'est vue dans la précipitation, et d'une façon intensive dans une période de transition socio-culturelle, économique et politique, où les différents acteurs de l'urbanisme ne pouvaient mettre en symbiose des solutions adéquates entre la formulation du concept des nouvelles villes et de sa concrétisation. La nouvelle ville Ali Mendjeli ne pouvant échapper à ce constat, constitue un champ de recherche scientifique de premier intérêt.

La présente recherche pose au préalable, à travers les simulations dans le domaine aéraulique, avec le recours à la CFD dans le site d'étude U.V 07 de la nouvelle ville Ali Mendjeli, un constat d'échec des opérations de conception et d'intégration de la composition urbaine. Nous essaierons, tout le long de ce mémoire de magistère, à faire valoir la plus-value de la spécialisation scientifique dans le domaine de la recherche architecturale et urbaine, comme seul garant d'un acte durable, voir existentiel.

Mots clés :

CFD (computational fluid dynamics), écoulement aéraulique, PHOENICS 2009, UV.7 Ali Mendjeli, vent.

Summary:

The wind is probably one of the most coveted settings in contemporary architectural and urban research and particularly in the bioclimatic domain. Indeed, its role energy and hygienic, the has to be one of the best alternative energy discussed in this century, where the concepts of environment, sustainable development and improving the quality of life, appear as beneficial challenges allocated to the fight against global warming.

The construction timeline of urban production in postcolonial Algeria confirms a spatiotemporal context of rupture, in which scientific research must be able to draw strategic perspectives able to understand and codify the hidden dimensions of a complex urban problems and interactive ... Thus, reports of planning for the environment is an innovative approach, in which the bioclimatic dimension proposed in this research tries to include mainly the parameter "wind" in our acts of urban planning and spatial organization of the new towns of tomorrow.

The discourse on the new cities as potential solutions to the crisis of urban and land reserves in Algeria, it is seen in the precipitation, and an intensive period of transition in a socio-cultural, economic and political, where different actors of urban symbiosis could develop appropriate solutions between the formulation of the concept of new towns and its realization. The new city Mendjeli Ali could not escape this, is a field of scientific research of primary interest.

This research poses beforehand through simulations in aerodynamics, with the use of CFD in the UV study site 07 of the new city Mendjeli Ali, a failure of design and operations integration of urban design. We will try, throughout this memoir of teaching, to enforce the betterment of scientific specialization in the field of architectural and urban research, as the only guarantor of a sustainable act existential view.

Keywords:

CFD (computational fluid dynamics), ventilation flow, PHOENICS 2009, Ali UV.7 Mendjeli, wind