

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Larbi Tébessi



Faculté Sciences et Technologie

Département d'Architecture

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Option : Architecture et Environnement

Par

Nouioua Asma

**L'impact de la configuration urbaine
sur l'écoulement des vents, cas de
l'habitat collectif à Tébessa**

Mai 2016

Encadré par : Mr. AHRIZ Atef

Année Universitaire : 2015 – 2016

Remerciements

Je tiens, tout d'abord, à remercier Mr. AHRIZ Atef ; mon encadreur dévoué pour bien vouloir diriger et encadrer ce travail, et pour toute l'aide nécessaire. Ensuite, je remercie vivement Mr. Fezzai Soufiane

Un grand merci à Mr. Omar el Habib Menah pour toute l'aide qu'il m'a apportée.

Je tiens à remercier spécialement Mr Farhi Fouez pour son appui, et son assistance continue.

J'adresse mes remerciements aux personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de ce mémoire spécialement Djedai Hayat et Hati Nachoua .

Je tiens à remercier sincèrement les membres de jury qui me font le grand honneur d'évaluer ce travail.

Finalement, Je remercie ainsi toute l'équipe de la bibliothèque qui m'a facilité l'accès à la documentation nécessaire et en l'occurrence Mr. Kheldi Farouk.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail qui est le fruit d'un effort continu à ;

A mes chers parents , à mes grands-parents

Mes frères ILYES et NADHIR si chers.

A tous mes proches et à mes amies.

SOMMAIRE

Résumé :	9
1. Introduction générale :	10
2. Problématique :	12

Partie théorique

Chapitre1 : Le vent comme phénomène naturel

1. ntroduction :	15
2. Le vent à l'échelle atmosphérique :	15
2-1.Origine du vent :	15
2-2.La direction et le souffle du vent :	16
2-3.L'écoulement du vent :	16
2-4.Le vent dans la couche limite atmosphérique :	16
2-4-1) La couche limite d'Ekman :	17
2-4-2) La couche de surface :	17
2-4-3) La sous-couche rugueuse :	17
2-5.Les différents types de vent :	18
2-5-1) Les mouvements de convection :	18
2-5-2) La force de Coriolis :	18
2-5-3) Les variations de pression :	19
2-5-4) Les courants-jets :	19
2-5-5) Les vents dominants :	20
2-5-5) Vents saisonniers :	21
2-5-6) Le vent régional :	21
2-5-7) Vents locaux :	21
3. Le vent élément dans l'influence climatique :	22
3-1.Caractéristiques :	22
3-1-1) La vitesse du vent :	22
3-1-2) Les échelles descriptives du vent (Echelle de Beaufort):	23
3-1-3) La direction du vent :	24
3-1-4) La rose des vents :	24
4. Conclusion :	24

Chapitre 2 : le vent En milieu urbain

1. Introduction :	26
2. Le vent dans la couche urbaine :	26
2-1.La couche urbaine :	26

2-1-1) La canopée urbaine :	27
2-1-2) La couche limite urbaine (CLU) :	27
2-1-3) Sous-couche atmosphérique en milieu urbain :	27
2-2.Rugosité urbaine :	28
2-3.Porosité Urbaine :	29
3. L'écoulement du vent autour d'un obstacle bâti en milieu urbain :	29
3-1. À l'échelle des tissus urbains :	29
3-1-1) L'orientation par rapport au vent :	29
3-1-2) L'impact de la densité urbaine :	30
3-1-3) La modification des mouvements d'air en milieu urbain :	30
3-2.À l'échelle des rues :	31
3-2-1) L'écoulement dans une rue :	31
3-3.À l'échelle des bâtiments :	32
3-3-1) L'écoulement autour de bâtiments :	32
3-3-2) Effets types dus au vent :	32
3-3-2-a) Les formes bâties :	32
3-3-2-b) Les formes isolées :	33
3-3-2-c) Les formes associées :	35
3-3-3) Champs de pression autour d'un obstacle :	39
4. La Configuration urbaine et l'écoulement du vent :	39
4-1.L'évaluation du vent autour d'un groupe de bâtiments isolés de formes simples :	40
4-1-1) L'effet de coin :	40
4-1-2) L'effet de cisaillement :	42
4-1-3) L'effet de passage sous immeuble :	43
4-1-4) Le rouleau tourbillonnaire :	45
4-1-5) L'effet de barre :	46
4-1-6) L'effet de protection dans le sillage d'un bâtiment isolé :	46
4-2.L'évaluation du vent autour de groupes de bâtiments :	47
4-2-1) L'effet Venturi :	47
4-2-2) L'effet Wise :	48
4-2-3) L'effet de double coin :	49
4-2-4) L'effet de bâtiments en quinconce (effet de liaison de zones de pression différente) :	50
4-2-5) L'effet de canalisation linéaire.....	51
4-2-6) L'effet de maille :	52

4-2-7) L'effet d'écran linéaire :	52
4-2-8) L'effet de pyramide :	53
4-3.L'évaluation du vent dans un milieu dense :	54
4-3-1) L'effet de masque urbain :	54
4-3-2) L'effet canyon :	55
4-3-3) L'écoulement du vent autour d'un bâtiment élevé implanté en milieu urbain dense :	55
4-3-4) Les effets du vent au sein des grands ensembles de bâtiments élevés :	56
5. Impact des vents sur le confort en milieu urbain extérieurs :	56
5-1. Effet mécanique du vent :	57
5-2. Effets thermiques :	57
5-3. Effets dynamique :	57
5-4. Effets radiatif :	58
6. Conclusion :	58

Chapitre3 : Recherche Antérieure

1. Introduction :	60
2. Travaux expérimentaux et analytiques :	60
2-1. Expérimentation de (Bouketta and Bouchahm, 2012) :	60
2-2. Expérimentation de Djamel Mestoul et Rafik Bensalem et Luc Adolphe 2015 :	61
2-3-Expérimentation d'Abdeldjaoued Meriem 2014 :	62
2-5.Expérimentation de Christian Barré 2014 :	63
2-6.Expérimentation de Christian Barré 2014 :	64
2-7.Expérimentation de Christian Barré 2014 :	65
2-8.Expérimentation de Sigrid Reiter 2007 :	66
2-9.Expérimentation d'Olvier Flamand 2009 :	67
2-10.Expérimentation Centre Scientifique et Technique du Bâtiment à Nantes :	68
2-11.Expérimentation Karim FAHSSIS, Guillaume DUPONT, Pierre LEYRONNAS :	69
2-12.Expérimentation sur l'Aéroports de Paris :	70
2-13.Expérimentation DE Patrick ARMAND 2015 :	71
2-14.Expérimentation Autodesk Flow Design 2014 :	72
3. Les méthodes de recherche :	73
3-1.Soufflerie :	73
3-2.CFD (computational fluid dynamics) :	74
3-2-1) Urba Wind :	74
3-2-2) Code Saturne :	75

3-2-3) Fluent :	75
3-2-4) ENVI-met :	76
3-2-5) Autodesk Design Flow :	76
4. Critère et motivation du choix du logiciel :	77
5. Autodesk Design Flow :	77
5-1. Autodesk Design Flow :	77
5-2. Fonctionnalités d'Autodesk Design Flow :	77
5-3. La commercialisation :	78
5-4. La démonstration :	78
5-4-1) Interface Design Débit :	79
5-4-2) La navigation :	79
5-4-3) Paramètres de la simulation :	80
6. Conclusion :	84

Chapitre 4 : Présentation Du Cas D'étude

1. Introduction :	86
2. Présentation de la ville de Tébessa :	86
2-1. Situation Démographique Et Superficie :	86
2-2. Situation Géographique :	86
3. Climat de Tébessa :	87
4. Présentation du cas d'étude :	92
5. Conclusion :	94

Partie pratique

Chapitre 5 : la simulation numérique

1-Introduction :	96
2-Création du modèle :	96
3-La simulation :	99
4-Interprétation de la simulation :	100
4-1- Scenario 1 :	100
4-2- Scenario 2 :	101
4-3- Scenario 3 :	103
4-4- Scenario 4 :	103
5-Conclusion :	104

Conclusion générale

Conclusion :.....	106
Les Recommandations Architecturales Et Urbaines :.....	106
Abstract:	108
Liste Des Figures :.....	109
Liste Des tableaux :.....	112
Bibliographie :.....	113

Résumé :

Notre recherche a eu pour objectif la mise en exergue de l'impact de la configuration urbaine sur l'écoulement des vents.

Une étude détaillée a été effectuée sur le phénomène vent et ses effets sur le confort extérieur.

Considérant que le vent est un facteur déterminant dans le succès ou l'échec de l'espace public vital et représentant un élément perceptible du micro climat, nous avons procédé à l'étude de ce phénomène et de ses effets détaillés sur la configuration urbaine.

Nous avons noté d'autre part que la géométrie urbaine peut en outre modifier les effets du phénomène vent.

À travers une étude technique détaillée du vent comme phénomène et une approche expérimentale effectuée par simulation numérique voire utilisation de l'auto desk flow design nous avons abouti à des résultats tangibles concernant le phénomène vent et son impact sur le milieu extérieur comme nous avons déterminé que toute modification à la configuration urbaine peut contrecarrer les effets néfastes du vent et éventuellement y remédier.

De ce qui précède nous préconisons d'établir une configuration urbaine adéquate permettant l'amélioration du confort urbain et de procéder à des études préalables touchant le domaine.

Mots clés :

Impact - Vent - Configuration urbaine – Confort – Simulation – habitat collectif.

1. Introduction générale :

La construction est le reflet de la personnalité des populations. L'urbanisation constitue l'image de la société, sinon le degré de l'évolution des individus. L'urbanisation et le cadre de vie de l'environnement constituent le pôle d'attraction pour le développement de la société. L'homme dans un contexte social a adapté un environnement, son mode de vie. L'espace public urbain étant un élément majeur dans le développement social.

L'évolution des constructions à travers les siècles a révélé que l'homme a su apporter des réponses judicieuses à chaque espace environnemental le rapprochant. Les espaces bâtis et non bâtis ont été utilisés à bon escient pour son confort. En matière d'urbanisme une certaine synergie doit exister entre la conception des bâtiments et l'espace environnant le plus proche et ce pour améliorer l'habitabilité des villes.

Toute modification ou conception urbaine a des conséquences majeurs sur l'environnement : le microclimat en est l'aspect essentiel. Le bâti inadapté à lui seul induit des changements climatiques. Les urbanistes devraient concevoir des espaces extérieurs dans le cadre du respect du microclimat et ce pour offrir un environnement de qualité aux populations.

L'étude préalable du microclimat de la région peut améliorer le cadre de vie extérieur mais aussi le confort dans les constructions. La morphologie urbaine influe le développement économique et social de la société. Le tissu urbain exprime de façon lucide l'évolution des collectivités. L'urbanisation à outrance dans les grands centres urbains et l'activité humaine effrénée influent considérablement le microclimat.

Les paramètres microclimatiques doivent être pris en considération en matière urbanistique.

Le confort perçu par la personne dans un espace quelconque est déterminé par de nombreux facteurs : le vent est l'élément le plus important. Le vent comme phénomène naturel doit être étudié selon son ampleur, sa localisation géographique et ses effets. Son écoulement en milieu urbain doit influencer sur la configuration urbaine.

La configuration actuelle urbaine doit répondre aux normes en matière de respect de la morphologie urbaine, voire l'orientation des constructions, leur hauteur, le terrain et l'espace non bâti.

A l'échelle urbaine le vent a un impact substantiel sur le microclimat. Les bâtiments et l'environnement immédiat doivent faire l'objet d'une configuration adéquate pour pouvoir profiter d'avantage de la ventilation naturelle à savoir la vitesse du vent et sa direction.

L'objectif de ce thème de recherche est l'impact de la configuration urbaine sur l'écoulement des vents. Considérant le vent comme étant un élément majeur du microclimat toute configuration urbaine doit être basée sur une étude détaillée des changements climatiques à savoir la direction des vents, et de l'écoulement par rapport aux bâtiments

Pour la maîtrise des effets du vent sur la configuration urbaine, une approche sera faite suivant une simulation qui permet d'évaluer précisément l'écoulement du vent à travers et autour des bâtiments.

Contenu que le vent est un élément majeur entrant dans toute configuration urbaine, toute réalisation urbanistique doit le prendre en considération et ce pour améliorer le confort exigé actuellement dans tout espace extérieur, favorisant ainsi le bien être du citoyen.

2. Problématique :

La création d'un espace confortable en zone urbaine nécessite une conception environnementale adéquate. La notion d'ambiance doit respecter les paramètres microclimatiques. De nombreux facteurs entrent dans la conception des espaces urbains sains et accueillants. Le vent est un élément essentiel qui détermine la mise en place d'un espace public comme il représente un élément majeur de confort thermique.

Le vent est l'un des facteurs qui déterminent le succès ou l'échec d'un espace public, il peut être une source de ventilation en été ou une source de nuisance en hiver.

Plusieurs chercheurs ont constaté suite à des études appropriées ses paramètres :

(Zhang et al. 2005) ont constaté par simulation, que le champ de vent dépend fortement de l'agencement des bâtiments et de la direction du vent. L'étude de (Bocken et al. 2007), quant à elle, suggère que la vitesse du vent augmente dans les passages entre les bâtiments parallèles selon leur largeur. Confirmé par (Katarzyna et Marek 2004) qui avaient étudié l'influence de la disposition des bâtiments sur l'augmentation de la vitesse du vent et ses effets sur le confort des piétons en Varsovie.

Dans le même contexte (Mazouz et Gouizi 2008) ont prouvé les mêmes résultats dans une étude expérimentale en soufflerie. D'autres études comme celle de (Bonneaud et al. 2001, et de Chen 2007), s'intéressent à l'évaluation de l'impact de la morphologie urbaine sur le vent, afin de déterminer la conception optimale d'un ensemble urbain.(Bouketta et al., 2014)

En Algérie la réponse au besoin de logements ne se basait pas sur la qualité de l'habitat mais sur la quantité c'est à dire programmer le maximum d'opérations pour rattraper le déficit sans mettre en considération le bien-être de ses occupants.

Un logement de qualité s'intègre tout d'abord avec harmonie sur son site, et se distingue par son architecture.

Ceci étant ;la conception urbaine en Algérie doit prendre en considération le paramètre vent qui a une influence sur le confort et l'utilisation de l'espace urbain, notre référence étant l'arrêté du 24 janvier 2015 fixant les spécificités techniques du logement promotionnel public qui stipule dans son article 28 <<que l'orientation des logements doit assurer l'ensoleillement de la salle de séjour, de la cuisine et en partie les chambres. en plus de l'ensoleillement souhaitable, le maitre d'œuvre devra tenir compte du climat, de la configuration du terrain, des vus et des vents dominants afin de profiter des conditions de confort offertes par les éléments naturels >>.

A travers une géométrie urbaine utilisant une orientation adéquate, la configuration urbaine manipule la qualité des vents ; ceci étant, on pourra poser la question :

Comment optimiser l'effet des vents dominants sur le confort de l'utilisateur de l'espace urbain à travers la configuration urbaine ?

Partant de cette problématique nous sommes appelés à développer l'hypothèse suivante : L'élaboration d'un plan de masse doit impérativement répondre aux exigences en matière de confort thermique. La géométrie et l'orientation du bâti doivent respecter les conditions climatiques et ce dans l'objectif de profiter des vents saisonniers et éventuellement créer une bonne ventilation extérieure.

L'objectif à atteindre par notre recherche est qu'à partir d'une géométrie appropriée, d'une rationalisation du plan de masse et dans le cadre du respect de l'environnement et en incitant à la mise en place d'une réglementation précise, la construction partie prenante du confort urbain sera adoptée aux vents dominants.

Notre recherche s'articulera sur deux parties distinctes : une partie théorique qui présente l'analyse de certain documents de référence et qui est composée d'une introduction générale cernant en outre et convenablement les objectifs ciblés, en l'occurrence l'étude du vent comme phénomène naturel et son impact sur le milieu urbain, tout en tenant compte des recherches antérieurs en la matière.

L'aboutissement étant de dégager des nouvelles conceptions contemporaines en la matière à savoir l'utilisation d'un logiciel de simulation numérique utilisé dans notre cas d'étude et avec finalité de dégager des recommandations, ce qui représente la partie pratique de la recherche.

Partie théorique

Chapitre1 : Le vent comme phénomène naturel

1. Introduction :

La circulation de l'air dans l'atmosphère engendre le vent qui est un paramètre climatique variable et très sensible par les individus.

Dans ce chapitre nous aborderons d'une façon détaillée le phénomène vent comme élément climatique. Notre étude du vent sera axée sur son ampleur, sa fréquence et sa direction.

2. Le vent à l'échelle atmosphérique :

2-1. Origine du vent :

Le vent naît sous l'effet des différences de températures et de pression. La pression sur la terre est haute si de l'air lourd et froid descend et basse si de l'air chaud et léger monte. L'air chaud (plus léger) monte naturellement dans les couches hautes de l'atmosphère pour y créer une zone de basse pression "L". Cependant, l'air chaud attire à lui une autre masse d'air: la zone de haute pression. C'est de cette différence de pression entre les deux masses d'air qu'origine le vent. (Christian, 2002)

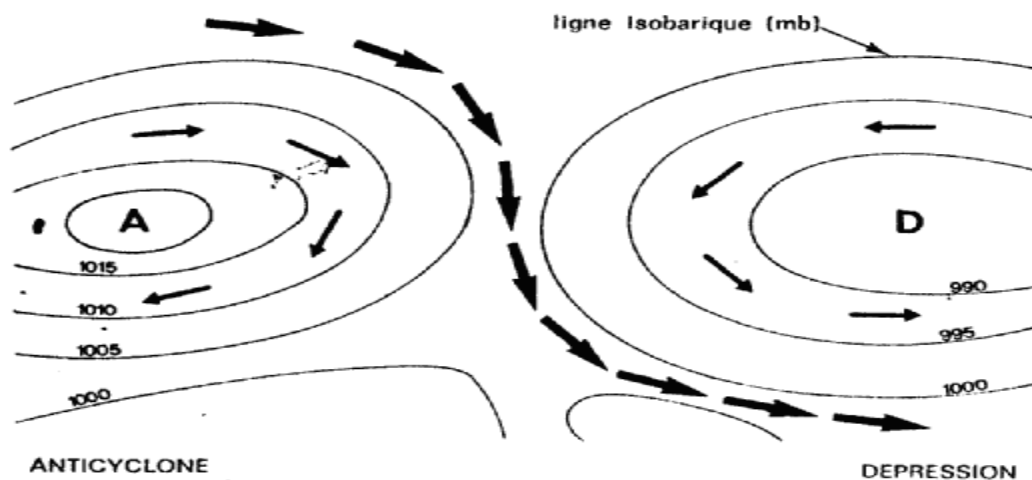


Figure 1 : Anticyclones (A) et Dépressions (D) et mouvements de l'air.

Source : (BOUKETTA, 2011)

2-2.La direction et le souffle du vent :

La direction du vent est celle de sa provenance. On dit un vent du nord, quand le vent provient du nord et se dirige vers le sud.ii

L'air qui entoure la Terre se déplace sans arrêt. Dû à son inclinaison, la Terre ne reçoit pas partout la même quantité de rayonnement solaire. La température à la surface de la Terre n'est donc pas uniforme.

2-3.L'écoulement du vent :

Le vent s'écoule de façon plus ou moins régulière et peut être caractérisé par son régime. En cas d'écoulement laminaire, l'air est peu agité, les lignes de courant sont disposées en couches parallèles, et le vent est régulier. En cas d'écoulement turbulent, l'air est agité de façon désordonnée, le vent est alors très irrégulier en direction et en vitesse (les fluctuations peuvent atteindre des valeurs importantes sur des temps relativement brefs) ; la turbulence est principalement due aux frottements contre les aspérités terrestres et aux perturbations associées à la présence de barrières orographiques ou de mouvements convectifs.(Christian, 2002)iii

2-4.Le vent dans la couche limite atmosphérique :

On appelle couche limite atmosphérique (C.L.A) la zone de l'atmosphère entre la surface (terre ou mer), où la friction ralentit le déplacement de l'air, et l'atmosphère libre où cette dernière devient négligeable. (BOUKETTA, 2011)

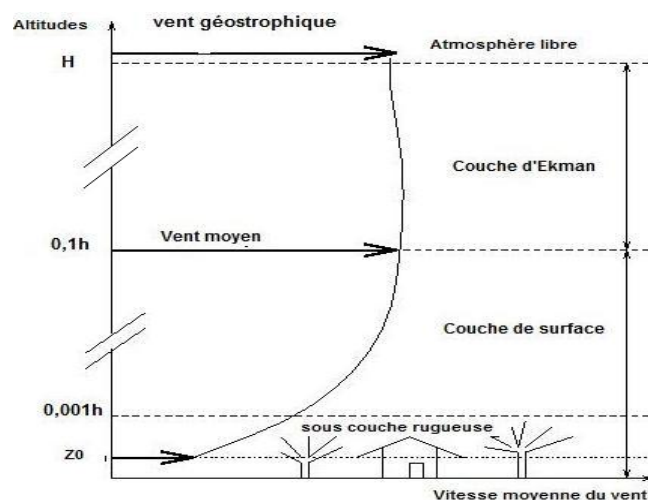


Figure 2 : la couche limite atmosphérique.

Source : (BOUKETTA, 2011)

2-4-1) La couche limite d'Ekman :

Considérons un fluide homogène et uniforme s'écoulant au-dessus d'une surface rugueuse dans le référentiel terrestre. La couche est suffisamment mince. (Morez, 2011)

2-4-2) La couche de surface :

Cette couche est la partie de la C.L.A directement en contact avec la surface terrestre. Dans cette région, les effets de la force de Coriolis sont négligeables, la direction du vent est constante, et la structure du vent est uniquement déterminée par les effets dynamiques engendrés par le sol et par la stratification thermique de l'air. (BOUKETTA, 2011)

2-4-3) La sous-couche rugueuse :

Communément appelée couche limite de surface et également appelée couche de mélange ou couche de Prandtl, elle est définie comme la région où la température diminue rapidement avec l'altitude pendant la journée, et où les flux de quantité de mouvement, de chaleur sensible et latente sont conservatifs et égaux à ceux du sol. Elle s'étend de dix à quelques dizaines de mètres et représente environ 10% de la couche limite atmosphérique. La turbulence y est homogène, et la force de Coriolis négligeable devant les forces de frottement dues au sol. Enfin, la direction du vent (composante horizontale de la vitesse) ne varie pas avec la hauteur alors que son intensité est proportionnelle au logarithme de l'altitude. (LOVAT)

Dans cette couche :

- ✓ On peut faire abstraction de la force de Coriolis,
 - ✓ La proximité du sol modifie le profil de vitesse du vent et induit un fort cisaillement,
 - ✓ La présence d'obstacles ou de discontinuités oblige le vent à modifier sa trajectoire,
 - ✓ La distribution verticale de température (stratification thermique de l'air) induit des mouvements verticaux de masses d'air chauffées et refroidies à proximité du sol.
- (BOUKETTA, 2011)

2-5. Les différents types de vent :

2-5-1) Les mouvements de convection :

Les mouvements de convection représentent le mouvement de l'air en raison des variations de température engendrées par le réchauffement inégal de l'atmosphère par le Soleil.

- L'air qui se situe au-dessus des régions chaudes et humides de l'équateur est moins dense. Il s'élève donc en altitude, pour ensuite se refroidir et devenir de l'air plus froid qui descend, car il est plus lourd que l'air chaud. L'air, en se déplaçant de haut en bas, génère le vent.
- En raison de la grande dimension de la Terre, l'air froid qui converge vers l'équateur n'arrive pas des régions polaires. La circulation de l'air s'effectue grâce à six grands courants de convection, en forme de boucle, disposés de part et d'autre de l'équateur. (alloprof, 2016)

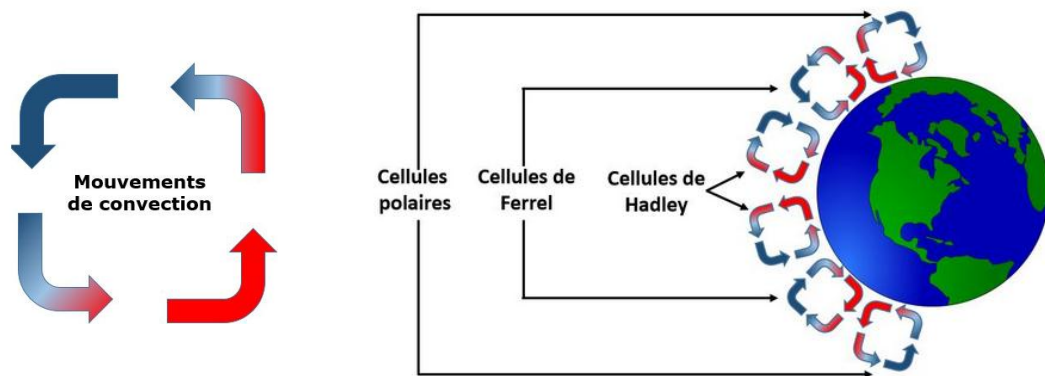


Figure 3 : schéma des mouvements de convection

Source : <http://www.alloprof.qc.ca/BV/pages/s1359.aspx> consulté le 01/03-2016

2-5-2) La force de Coriolis :

La force de Coriolis est la force créée par la rotation de la Terre.

- Si la Terre ne tournait pas, l'air devrait se déplacer en ligne droite, des centres de haute pression vers les centres de basse pression. Mais puisque la Terre tourne, l'air suit une trajectoire courbe. - Les molécules d'air qui se déplacent en ligne droite sur la surface de la Terre subissent alors une force perpendiculaire à la vitesse de déplacement.

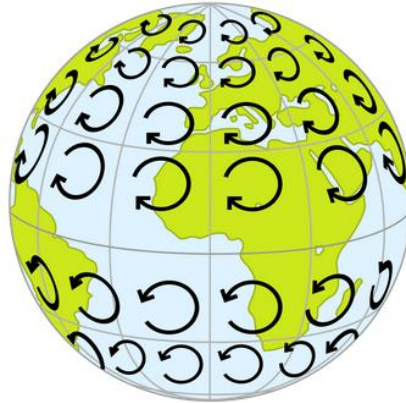


Figure 4: schéma Effet de la force de Coriolis sur la direction des vents

Source : <http://www.alloprof.qc.ca/BV/pages/s1359.aspx> consulté le 01/03-2016

-Cette force a donc pour effet de dévier les mouvements de l'air vers la droite dans l'hémisphère nord et vers la gauche dans l'hémisphère sud. À l'équateur, cette force est nulle : il n'y a donc pas d'effet de Coriolis à l'équateur. (alloprof, 2016)

2-5-3) Les variations de pression :

L'effet de Coriolis fait en sorte que, dans l'hémisphère Nord, l'air circule dans le sens horaire autour d'un centre de haute pression et dans le sens antihoraire autour d'un centre de basse pression.

De plus, à la surface du sol, l'air se déplace d'une zone de haute pression (air froid) vers une zone de basse pression (air chaud) afin de remplir le vide créé par le mouvement de l'air chaud qui monte en altitude. (alloprof, 2016)

2-5-4) Les courants-jets :

Les courants-jets sont des vents qui se déplacent à haute altitude, entre 8 et 14 km d'altitude, d'ouest en est.

-Le courant-jet se présente sous la forme d'un couloir d'une hauteur variant de 1 à 5 km et d'une largeur de 50 à 150 km. Au-dessus de l'Amérique du Nord, la vitesse du courant-jet varie entre 100 et 200 km/h. Il peut parfois atteindre une vitesse de 400 km/h.

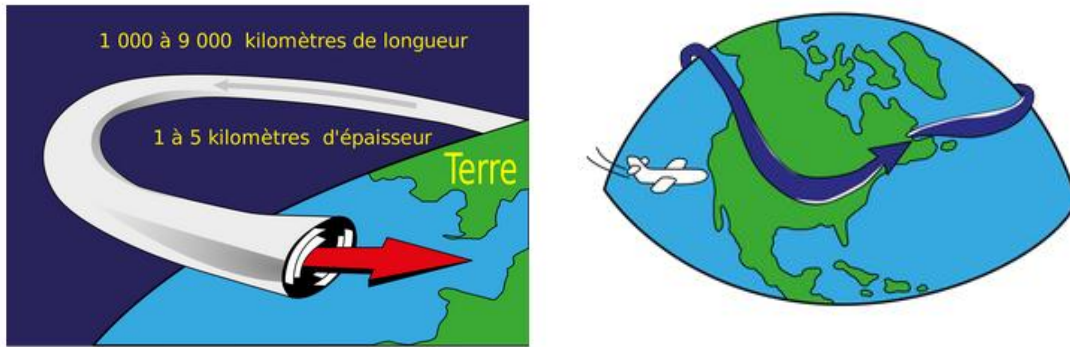


Figure 5: schéma des courants-jets

Source : <http://www.alloprof.qc.ca/BV/pages/s1359.aspx> consulté le 01/03-2016

-Les courants-jets sont bien utiles en aviation : lorsqu'un avion circule d'ouest en est, le courant-jet agit comme un vent de dos et permet de diminuer le temps de vol. Toutefois, lorsqu'un vol d'avion se fait d'est en ouest, le courant-jet peut ralentir la vitesse de l'avion, car il est face à l'avion. (alloprof, 2016)

2-5-5) Les vents dominants :

Les vents dominants sont des grands couloirs de vents dont la direction est déterminée à la fois par les courants de convection et la force de Coriolis.

-Dépendamment de la région de la Terre où on se trouve, les vents dominants souffleront dans diverses directions. Dans les régions intertropicales, les vents dominants sont nommés alizés et soufflent d'est en ouest. Les vents d'est polaires sont, quant à eux, les vents dominants situés à proximité des pôles. (alloprof, 2016)iv

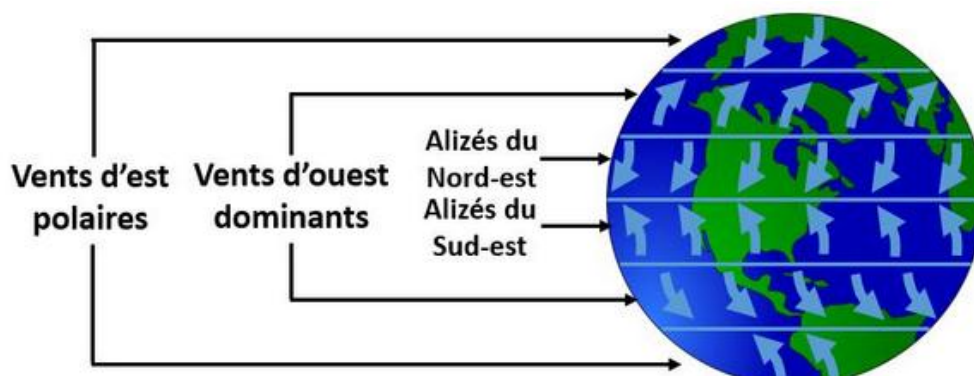


Figure 6: schéma des vents dominants

Source : <http://www.alloprof.qc.ca/BV/pages/s1359.aspx> consulté le 01/03-2016

2-5-5) Vents saisonniers :

Les vents saisonniers sont des vents qui soufflent par saison. Les masses d'air qui se trouvent au-dessus des continents sont plus chaudes l'été et plus froides l'hiver que les masses d'air situées au-dessus des océans voisins. En été, les continents deviennent des zones de basses pressions, avec des vents provenant des océans plus froids. En hiver, les continents deviennent des zones de hautes pressions, avec des vents dirigés vers les océans plus chauds. Les moussons de la mer de Chine et de l'océan Indien sont des vents saisonniers (Bozonnet, 2005)

2-5-6) Le vent régional :

Le vent régional en milieu urbain est caractérisé par une vitesse moyenne plus faible qu'en milieu rural d'au moins 5% et pouvant atteindre 30%. D'une manière plus fine, la structure de l'atmosphère au-dessus de la ville. (BOUKETTA, 2011)

2-5-7) Vents locaux :

- ✓ De la même façon qu'il existe des variations saisonnières de température et de pression au-dessus des continents et des océans, on observe des changements quotidiens qui ont des effets similaires, mais plus localisés. Ce type de vents agissent sur de petites étendues et sont le résultat de la géographie particulière à une région ; on les nomme alors les vents locaux comme des brises de terre/mer ou de montagne/vallée. (BOUKETTA, 2011).

3. Le vent élément dans l'influence climatique :

3-1.Caractéristiques :

Le vent est le paramètre physique représentatif des mouvements de l'air. Direction et vitesse du vent sont des grandeurs mesurables dont la connaissance est nécessaire à l'étude cinématique et dynamique des masses d'air. On décrit un vent par sa vitesse, sa fréquence et sa direction. Les trois paramètres principaux définissant l'état de l'air ambiant sont :

- ✓ La masse volumique : notée ρ exprimée en Kg/m³.
- ✓ La pression, notée P, exprimée en Pascal.
- ✓ La température, notée T, exprimée en degré Celsius ou Kelvin.
- ✓ La résistance de l'air : force qui tend à s'opposer au déplacement. (BOUKETTA, 2011)

3-1-1) La vitesse du vent :

La vitesse du vent se décompose en une vitesse moyenne et une vitesse en rafale. La vitesse moyenne est estimée sur dix minutes et la vitesse en rafale sur quelques secondes.(Hémon, 2014)

- Mètre par seconde (m/s)
- Kilomètre par heure (km/h)
- Nœud (Kt)

Parce que le nœud a été longtemps utilisé en marine et puis en aviation, il est utilisé aussi en météorologie. Il vaut un mille marins (1 852 m) par heure, soit 0,514 m/s. L'instrument qui sert à mesurer la vitesse du vent est nommé « anémomètre »

Il existe des modalités d'évaluer la vitesse du vent sans la mesurer vraiment. On utilise pour cela des échelles.

Une des échelles les plus souvent utilisées est celle de [Beaufort](#) , qui permet d'estimer la vitesse du vent selon ses effets sur l'environnement.(Gauthier and Roucheray, 2004)

3-1-2) Les échelles descriptives du vent (Echelle de Beaufort) :

Définir l'intensité du vent, en se référant à la vitesse moyenne du vent mesurée sur 10 minutes à une hauteur de 10m au-dessus de la station d'observation.

Tableau 1: Echelle Beaufort.

Source : http://meteocentre.com/internet/vent/p_vent10_mesure.htm consulté le 15/03-2016

Force Beaufort	Vitesse d'air (m/s) à 2 m du sol	Effets du vent
0 et 1	0 à 1,3	Calme, pas de vent sensible
2	1,3 à 2,7	Le vent est ressenti sur le visage les feuilles bruissent.
3	2,7 à 4,5	Les cheveux sont agités, Les feuilles et les petits rameaux sont en mouvement permanents, Le vent déroule de petits drapeaux.
4	4,5 à 6,7	Les cheveux sont décoiffés, La poussière et les papiers sont soulevés du sol, Les petites branches s'agitent
5	6,7 à 8,9	La force du vent est ressentie sur le corps, La neige commence à s'envoler, Les petits arbres commencent à osciller.
6	8,9 à 11,2	Il est difficile de marcher droit, Les parapluies sont difficiles à utiliser, Le vent soulève la neige au-dessus des têtes, Les grosses branches se mettent en mouvement, Le vent siffle dans les fils téléphoniques.
7	11,2 à 13,9	Il est difficile de marcher contre le vent, Les arbres sont totalement en mouvement.
8	13,9 à 17	Tempête,

		La marche est entravée, Les branchent se cassent
9	Supérieure à 17	Forte tempête Risque de perdre l'équilibre Marche dangereuse

3-1-3) La direction du vent :

La direction du vent est toujours donnée par la direction d'origine. On parlera par exemple d'un vent du nord lorsque le vent souffle du nord vers le sud. (Gauthier and Roucheray, 2004)

3-1-4) La rose des vents :

La rose des vents, c'est d'abord un cercle imaginaire figurant la Terre et comportant 360 degrés. Chacun de ces degrés correspond à une direction. Elle comporte en premier les quatre points cardinaux principaux : le Nord, l'Est, le Sud et l'Ouest. (Scoutmestre, 2006)

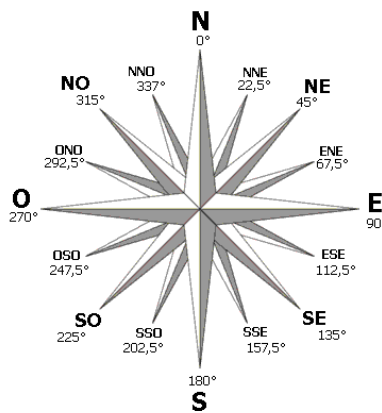


Figure 7 : schéma La rose des vents

Source : <http://scoutmestre.chez.com/index.html>. Consulté le 17/03-2016

4. Conclusion :

Nous notons en conclusion de ce chapitre que le vent résulte du mouvement de l'air découlant des différentes pressions, ce phénomène météorologique varie en vitesse et en direction suivant les altitudes et les aspérités du terrain.

Chapitre 2 : le vent En milieu urbain

1. Introduction :

L'agglomération quelconque est une complexité spatiale artificielle qui détermine le concept de la climatologie urbaine. La présence des bâtiments modifie la structure de la couche limite atmosphérique qui a pour effet majeur l'orientation des vents et leur ampleur. En outre notre étude touchera également les effets du vent sur le confort en milieu urbain

2. Le vent dans la couche urbaine :

2-1. La couche urbaine :

L'atmosphère au-dessus d'une ville est loin d'être homogène. Dans la couche limite générée par la ville on distingue deux parties dont l'effet du vent est différent: (BOUKETTA, 2011)

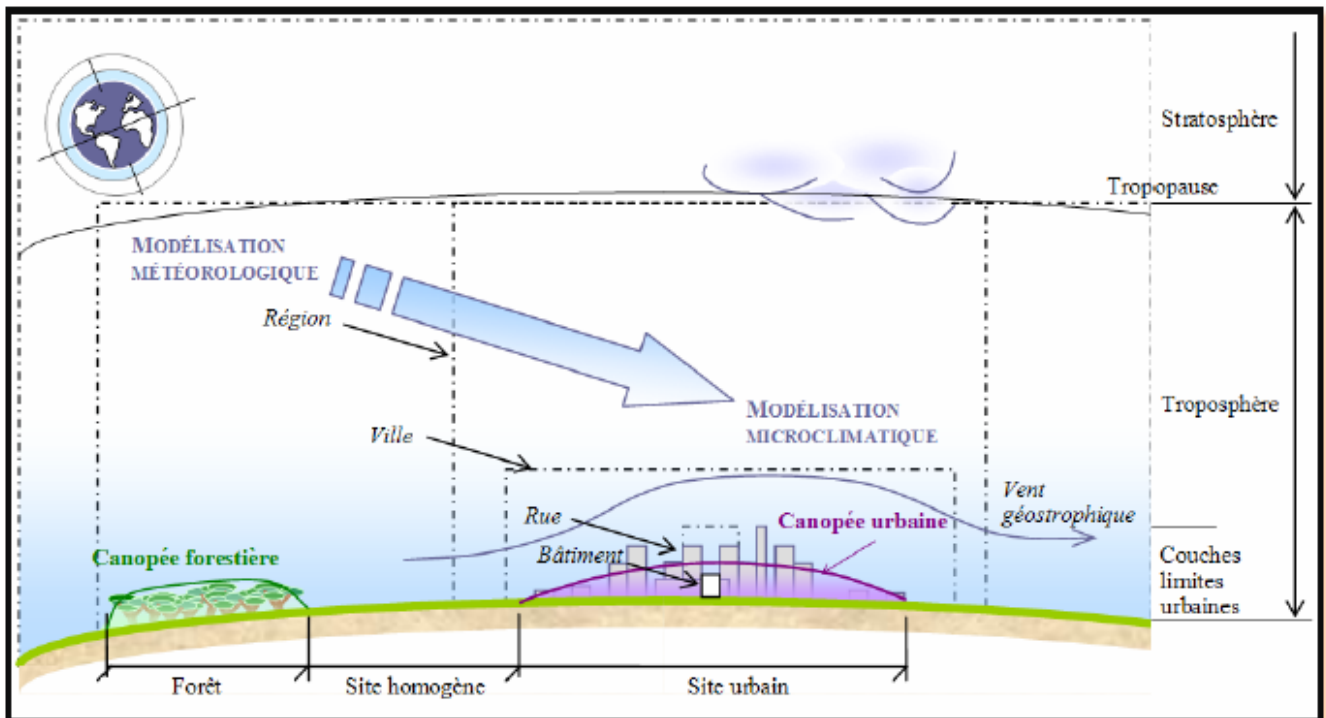


Figure 8: La canopée urbaine au niveau de la ville

Source: (Bozonnet, 2005)

2-1-1) La canopée urbaine :

C'est la première strate dans laquelle se déploie l'activité humaine. Elle englobe un volume contenant les bâtiments, l'air contenu entre les immeubles, ainsi que le sol jusqu'à une certaine profondeur. Sa limite supérieure correspond à peu près à la hauteur des toits. Son climat est déterminé par la nature de son environnement, notamment la géométrie urbaine et la nature des matériaux. (BOUKETTA, 2011)

2-1-2) La couche limite urbaine (CLU) :

La deuxième strate ; située juste au-dessus de la canopée urbaine. C'est cette partie inférieure de l'atmosphère qui se rattache à la couche limite planétaire, dont les caractéristiques, notamment dans sa partie inférieure, sont particulièrement affectées par la présence de la ville. Cette couche peut avoir une épaisseur de plusieurs centaines de mètres ; sa hauteur dépend des paramètres de surface, de l'extension de la ville, et des conditions atmosphériques. Quand cette couche est poussée par le vent à l'extérieur de la ville, elle donne naissance à ce qui est appelé le panache urbain. Elle est alors séparée de la surface par une couche influencée par les caractéristiques de la campagne. En revanche, lorsque le vent est faible, une bulle d'air chaud se forme : il s'agit du dôme urbain. (BOUKETTA, 2011).

2-1-3) Sous-couche atmosphérique en milieu urbain :

En milieu urbain, le profil moyen de vitesse de l'air dû au vent dominant est différent de celui défini en site homogène. L'écoulement est ainsi fortement perturbé aux abords des bâtiments.

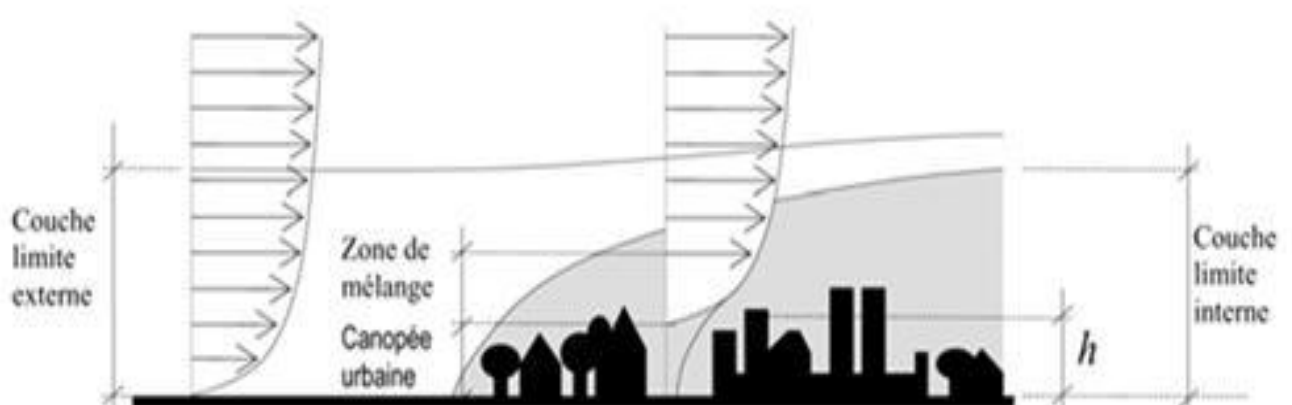


Figure 9 : Profil moyen de la vitesse horizontale du vent dominant en site homogène et en site urbain
Source: (BOUKETTA, 2011)

2-2. Rugosité urbaine :

La forte rugosité des surfaces urbaines se traduit par des hauteurs de couche limites importantes, et la limite de sous couche rugueuse z_R relevée par différentes études montrent qu'elle varie entre 2 à 5 fois la hauteur moyenne z_H .

Utiles pour définir l'écoulement près du sol, la hauteur z_d et la rugosité z_0 peuvent être estimées à partir de valeurs caractéristiques pour différents types de zones urbaines répertoriées par la littérature, en l'absence de données plus précises. Les différentes zones sont caractérisées par le niveau moyen des bâtiments ainsi que par le type de construction, industriel ou résidentiel par exemple, à laquelle une morphologie typique peut être associée. (Bozonnet, 2005).

Tableau 2: propriétés aérodynamiques typiques pour des zones urbaines homogènes

Source : (Bozonnet, 2005)

Densité	z_H [m]	z_d [m]	z_0 [m]
Densité et hauteur faibles Résidentiel à 1 ou 2 niveaux avec jardins et petits arbres, entrepôts, zones industrielles.	5-8	2-4	0,3-0,8
Densité et hauteur moyennes Résidentiel à 2 ou 3 niveaux proches ou bâtiments de moins de 5 niveaux espacés.	7-14	3,5- 8,0	0,7-1,5
Forte densité et grande hauteur Bâtiments proches d'au moins 6 niveaux, centres-villes.	11-20	7-15	0,8-1,5
Immeubles de grande hauteur Situés en zone urbaine dense.	>20	>12	>2,0

2-3.Porosité Urbaine :

La porosité urbaine fait référence au volume total d'air des creux urbains et leur rapport avec le volume de la canopée urbaine. Les creux urbains peuvent être classés en deux catégories :

- ✓ Creux urbains publics : il s'agit de l'ensemble des espaces ouverts au publics (rue, square, boulevard,...etc.), c'est-à-dire l'ensemble des espaces identifiés comme espaces publics urbains extérieurs ;
- ✓ Creux urbains privés : il s'agit des cours et jardins privés distribués généralement en début ou en fond de parcelles dans les tissus anciens (Quartier), ainsi qu'autour des maisons de type isolées dans les tissus récents.

La porosité d'un tissu urbain conditionne la pénétration du vent dans le tissu. Le vent arrivant sur l'agglomération avec une vitesse plus faible que sa vitesse d'origine est soumis à une variation de sa trajectoire ainsi que de sa vitesse. (BOUKETTA, 2011).

3. L'écoulement du vent autour d'un obstacle bâti en milieu urbain :

3-1. À l'échelle des tissus urbains :

3-1-1) L'orientation par rapport au vent :

Le tracé des rues, l'orientation des bâtiments et l'agencement des îlots (morphologie urbaine) peuvent affecter les conditions de l'écoulement. La circulation naturelle de l'air est induite soit par une zone de passage des vents dominants, soit par les courants d'air d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression. La ventilation est optimisée lorsque les rues sont orientées dans la direction des vents dominants. Seule la façade sur rue des bâtiments est en haute pression, les autres orientations restent en basse pression. Lorsque les constructions sont implantées diagonalement sur les parcelles, les zones de haute et de basse pression englobent alternativement le bâti, assurant ainsi une ventilation transversale. Les bâtiments orientés perpendiculairement aux vents dominants dévient les flux d'air. (BOUKETTA, 2011)

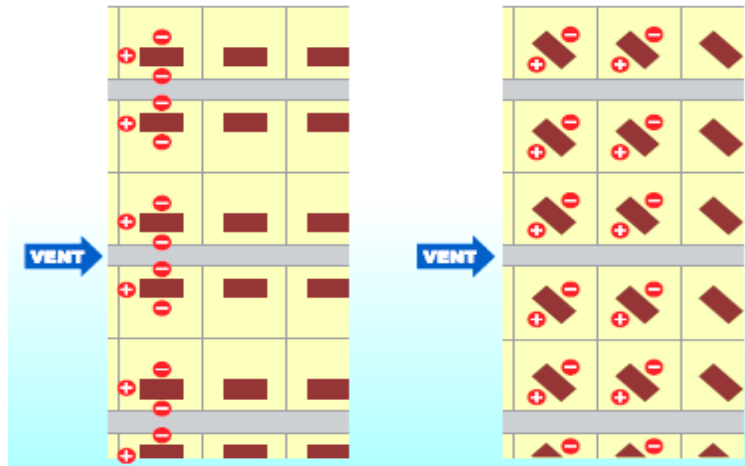


Figure 10: Impact du tracé des rues et de l'implantation des bâtiments sur leur ventilation.

Source : (BOUKETTA, 2011)

3-1-2) L'impact de la densité urbaine :

Les bâtiments modélisent les écoulements par leur forme, leurs dimensions et leurs juxtapositions. Le mouvement de l'air est affecté par la longueur, hauteur et type de toits des bâtiments qui influent sur les caractéristiques du vent et qui ont un impact important sur le microclimat aux alentours des bâtiments. Toutefois, dans un tissu dense, des accidents aérodynamiques peuvent se produire aux pieds des éléments de grande hauteur. Par contre, les tissus anciens, par leur densité et leur faible hauteur créent un effet de protection. (BOUKETTA, 2011)

3-1-3) La modification des mouvements d'air en milieu urbain :

Les villes modifient fortement les conditions de la circulation de l'air. Les espaces urbanisés constituent des surfaces de forte rugosité. Celle-ci réduit, globalement, la vitesse du vent.

L'action de l'urbanisation sur les vents est complexe. La ville modifie la vitesse des vents et leur direction par sa rugosité, par la canalisation des vents dans les rues, mais aussi par l'influence de l'îlot de chaleur urbain qui donne naissance à des vents thermiques. Les brises thermiques, dues à la convection de l'air, apparaissent sur l'ensemble d'une ville ou d'un quartier, plus particulièrement quand les vents sont faibles. Ce phénomène s'accroît lorsque l'îlot de chaleur augmente. (Reiter, 2007)

3-2.À l'échelle des rues :

3-2-1) L'écoulement dans une rue :

De par la complexité de l'interaction des bâtiments en milieu urbain, on distingue de façon simplifiée deux types d'écoulements principaux : longitudinal lorsque la rue est dans la direction principale du vent, et transversal lorsque l'axe de la rue est transverse à la direction de la vitesse moyenne.

À l'échelle de la rue, les trois types d'écoulements définis pour une ville, rasant, à interférence de sillage et à rugosité isolée, peuvent être aussi identifiés.(Bozonnet, 2005)

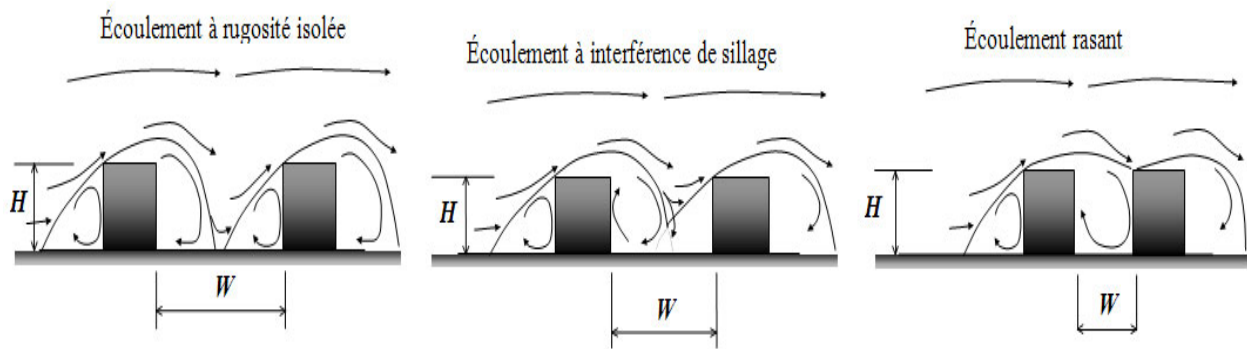


Figure 11 :Rue de type canyon avec un rapport d'aspect W / H supérieur à 2,5 (rugosité isolée), compris entre 1,54 et 2,5 (Interférence de sillage), et inférieur à 1,54 (rasant)

Source :(Bozonnet, 2005)

3-3.À l'échelle des bâtiments :

La valeur moyenne de la vitesse du vent aux abords des bâtiments peut être définie de façon approchée en fonction de la rugosité du sol, des modifications locales de relief et de la présence d'obstacle singulier. (Bozonnet, 2005)

3-3-1) L'écoulement autour de bâtiments :

Lorsque le vent dominant s'écoule autour des bâtiments, perpendiculairement à une des façades, différentes zones perturbées peuvent être distinguées : sur la façade au vent une zone de surpression, sur les côtés et la partie supérieure un décollement et une couche limite turbulente, sur la façade sous le vent une zone de dépression turbulente. (Bozonnet, 2005)

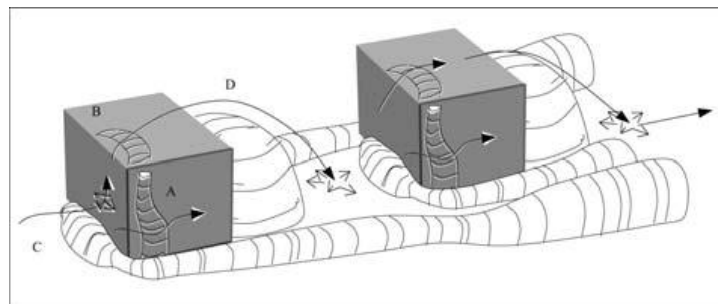


Figure 12 : la structure de l'écoulement autour de cubes dans un flux turbulent. A : recirculation latérale, B : recirculation de toiture, C : D : bulle de sillage.
Source : (Bozonnet, 2005)

3-3-2) Effets types dus au vent :

3-3-2-a) Les formes bâties :

En milieu construit, les situations d'abri et d'exposition sont très variables car elles dépendent directement de la répartition des champs de pression autour des bâtiments. (GUYOT)



Figure 13 : Schéma Des Formes Bâties

source : (GUYOT)

3-3-2-b) Les formes isolées :

3-3-2-b-1) Effet de coin :

Phénomène d'accélération localisée, à l'angle d'un bâtiment, dû à un gradient très élevé du champ de pression sur un espace limité entre la façade exposée et celle qui se situe en dépression.

Evaluation de l'effet : l'effet est proportionnel à la hauteur de l'angle de la construction : la vitesse peut augmenter de 1,2 à plus de 2 fois son état initial pour des bâtiments de quelques niveaux à des tours de grande hauteur (R+30). (GUYOT)

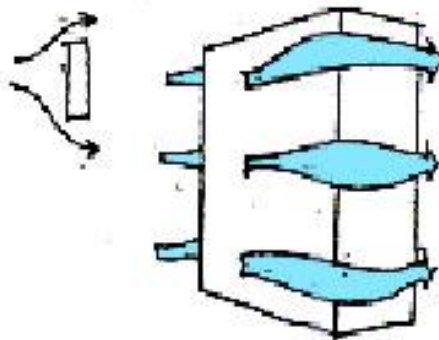


Figure 14 : Schéma Effet De Coin

source : (GUYOT)

3-3-2-b-2) Effet de tourbillon amont :

Phénomène de mouvement d'air tourbillonnaire, à composante verticale, plongeant sur la façade directement exposée au vent.

Evaluation de l'effet : peu sensible pour les constructions basses, importante pour les constructions supérieures à R+5. (Accélération de 1,5 dans le cas d'un immeuble de R+20. (GUYOT)

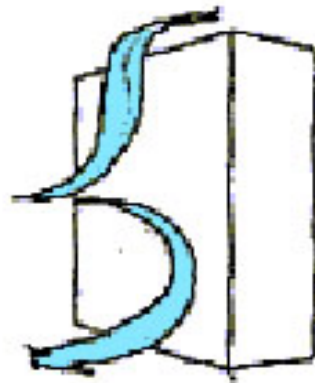


Figure 15 : Schéma Effet De Tourbillon Amont

source : (GUYOT)

3-3-2-b-3) Effet de sillage et de rouleau aval :

Phénomène de mouvement d'air tourbillonnaire sur la façade située sous le vent et plongeant sur la façade en dépression située sous le vent.

Evaluation de l'effet : le phénomène est proportionnel à la surface du bâtiment qui s'oppose à l'écoulement principal du vent. vitesse faible au centre.

La zone de séparation des écoulements au niveau du sol est instationnaire et se situe à une distance d'une à deux fois la hauteur de la construction. (GUYOT)

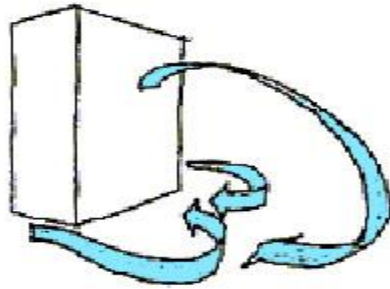


Figure 16 : Schéma Effet De Sillage Et De Rouleau Aval

source : (GUYOT)

3-3-2-b-4) Effet de trou ou de passage sous immeuble :

Quand un immeuble de hauteur minimum supérieure à 15m est élevé sur des colonnes, des trous ou des pilotis, l'air passe à travers ces derniers. C'est un phénomène qui relie l'avant du bâtiment en surpression et son arrière en dépression. 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. Plus le bâtiment est élevé, plus le confort est diminué.(BOUKETTA, 2011)

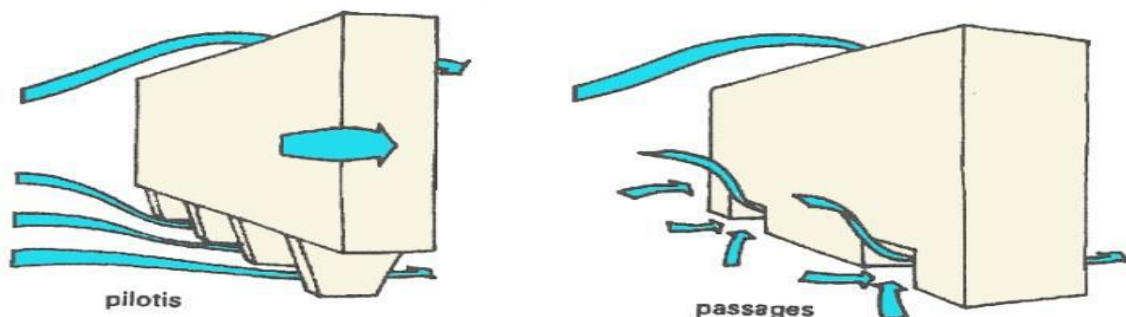


Figure 17: Schéma Effet De Trous Et Pilotis Sous Immeuble

Source : (BOUKETTA, 2011)

3-3-2-b-5) Effet de barre :

Il s'agit d'une déviation en vrille de l'écoulement du vent au passage d'une barre avec un angle proche de 45° . Ce phénomène pourra exister dans le cas de la hauteur $H < 25$ m, et la longueur minimum de la barre $L > 8H$. Les barres isolées, ou groupées et alignées sans un grand espacement subissent également le même effet. (BOUKETTA, 2011)

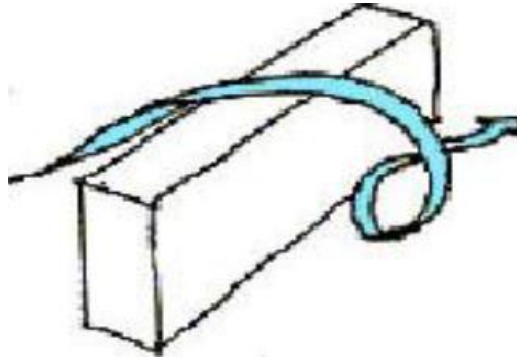


Figure 18: Schéma Effet De Barre

Source : (BOUKETTA, 2011)

3-3-2-c) Les formes associées :

3-3-2-c-1) Effet de liaison des zones de pression différente entre immeubles :

Disposition décalée de 2 constructions créant un couloir de liaison entre eux lié au champ de pression existant entre la façade sous le vent du bâtiment amont et la façade au vent du bâti
Evaluation de l'effet : La valeur de la survitesse évolue entre 1,2 et 1,6 pour des constructions entre 12 et 35m de hauteur. Entre 2 tours de 100m de haut la valeur du coefficient peut atteindre 1,8.(GUYOT).

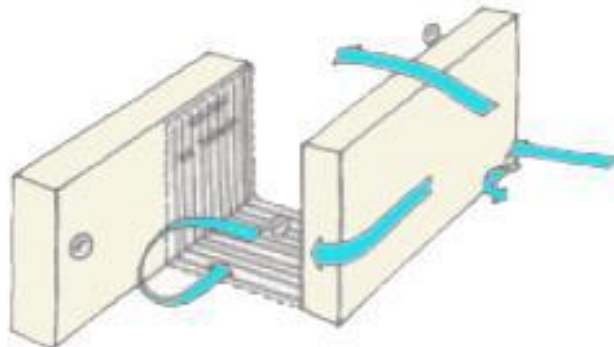


Figure 19 : Schéma Effet de liaison

source : (GUYOT)

3-3-2-c-2) Effet Wise :

L'association de bâtiments de tailles différentes et implantés parallèlement entretient un tourbillon à composante verticale issu de l'effet de tourbillon aval ou de sillage du bâtiment amont combiné avec le tourbillon amont du bâtiment situé en aval.

Evaluation de l'effet : lorsque l'association se situe entre 10 et 30m le coefficient prend la valeur 1,5. Pour une association entre 15 et 90m la valeur est de 1,8. (GUYOT)

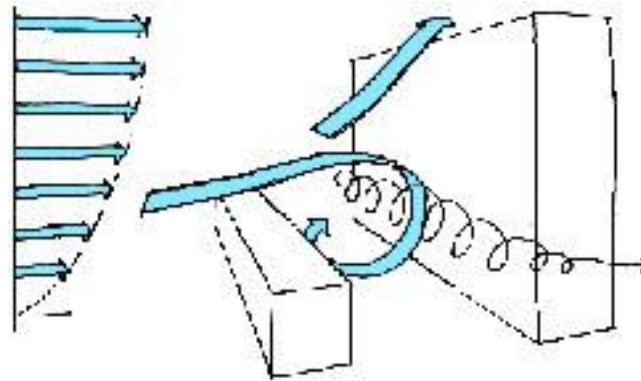


Figure 20 : Schéma Effet Wise

source : (GUYOT)

3-3-2-c-3) Effet venturi :

Ce phénomène ressemble à celui de la dynamique des fluides où les particules gazeuses ou liquides se retrouvent accélérées à cause d'un rétrécissement de leur zone de circulation. Dans ce phénomène, l'ouverture face au vent et la disposition en angle des constructions ayant une hauteur moyenne $H > 15$ m et une longueur minimale des deux bras ($L_1 + L_2 > 100$ m), forment une sorte de canal collecteur de vents. Cet angle est la zone la plus critique vis-à-vis du confort aéraulique car la vitesse de l'air y est considérable. (BOUKETTA, 2011)

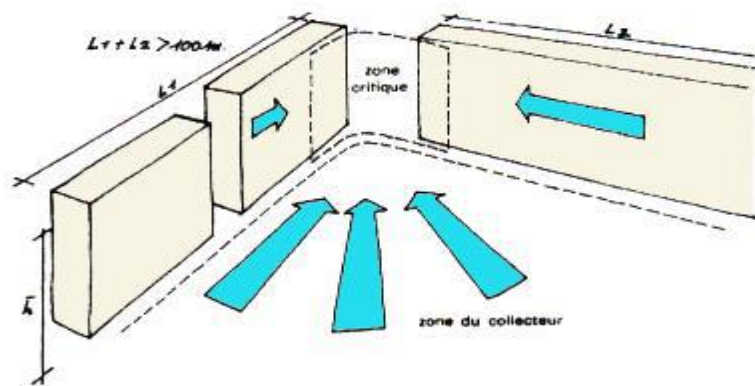


Figure 21 : Schéma Effet venturi

source : (BOUKETTA, 2011)

3-3-2-c-4) Effet de canalisation

Ceci correspond à une configuration classique d'une rue délimitée par des constructions en continu de chaque cotés. Cette disposition entretient et prolonge tout phénomène situé au début de la rue.

Evaluation de l'effet : le phénomène est entretenu pour un espacement de 2 fois la hauteur moyenne de la rue. (GUYOT)

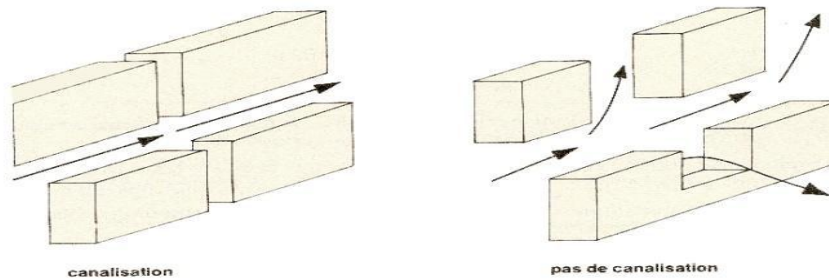


Figure 22 : Schéma Effet de canalisation

Source : (BOUKETTA, 2011)

3-3-2-c-5) Effet combiné venturi et canalisation :

Il s'agit de l'association d'une place ouverte et d'une rue, la première fait office de collecteur et accélère les flux, la deuxième développe spatialement le phénomène.

Evaluation de l'effet : coefficient proche de ceux enregistrés pour l'effet venturi seul. (GUYOT)

3-3-2-c-6) Effet de maille ou de cour :

Configuration appartenant à un tissu urbain homogène et créant une rugosité de sol, tendance générale à l'amélioration des conditions locales du vent.

Evaluation de l'effet : lorsque la maille a une ouverture de 3 fois la hauteur moyenne de 10m, elle est exposée quel que soit l'incidence du vent pour les autres cas l'effet de protection l'emporte. (GUYOT).

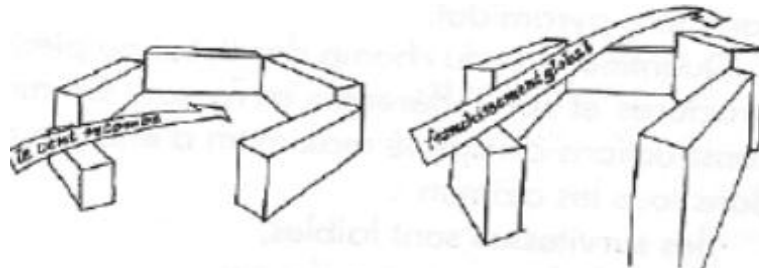


Figure 23 : Schéma Effet de maille

Source : (BOUKETTA, 2011)

3-3-2-c-7) Effet agora :

Espace ouvert et dégagé soumis à l'exposition directe du vent

Evaluation de l'effet : pour un espace dégagé de plus de 100m les effets de l'environnement proche ne se font plus sentir. Les lieux de type place sont dépendant des accès rues et autres éléments de convergence du vent.



Figure 24 : Schéma Effet agora

source : (GUYOT)

3-3-2-c-8) L'effet de pyramide :

Est un effet aéraulique provoqué par un groupement de constructions à caractère pyramidal. Les formes pyramidales, par leur géométrie assez aérodynamique n'offrent pas de résistances brutales au vent (continuité dans les évolutions de hauteur) et associées à leur rugosité de surface, représentée par les décrochements de niveaux et terrasses, semblent dissiper le maximum d'énergie du vent dans tous les azimuts. Par suite, au niveau du sol, les flux sont relativement peu rapides et le niveau du confort est généralement bon.(Reiter, 2007)

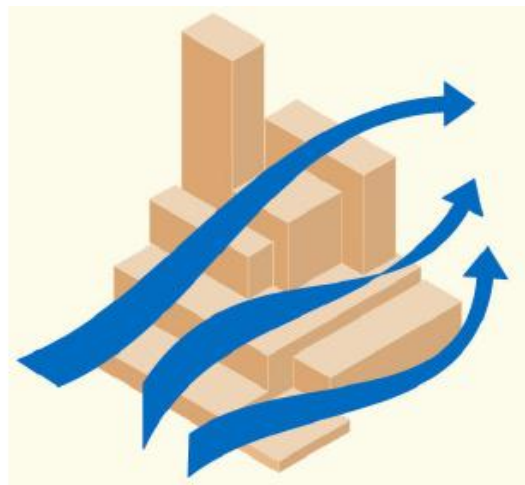


Figure 25 : Schéma Effet pyramide

source : (Reiter, 2007)

3-3-3) Champs de pression autour d'un obstacle :

Pour garantir une ventilation naturelle d'un bâtiment, il fallait créer des 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, assurant ainsi l'équilibre. 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.

Pour un climat chaud et humide, il est conseillé de privilégier la ventilation naturelle en jouant sur les formes et l'orientation de bâtiments qui favorisent les surpressions des façades ouvertes au vent et les dépressions des façades ouvertes sous le vent.(BOUKETTA, 2011)

4. La Configuration urbaine et l'écoulement du vent :

- tous les mécanismes critiques de l'écoulement du vent autour de bâtiments isolés de formes simples :
 - l'effet de coin.
 - l'effet de cisaillement.
 - l'effet de passage sous immeuble.
 - le rouleau tourbillonnaire.
 - l'effet de barre.
 - l'effet de protection dans le sillage d'un bâtiment isolé.
- trois mécanismes critiques du vent autour de groupes de bâtiments :
 - l'effet Venturi.
 - l'effet Wise.
 - l'effet de double coin.
 - L'effet de bâtiments en quinconce
 - L'effet de canalisation
 - L'effet de maille
 - L'effet d'écran linéaire
 - L'effet de pyramide

- trois types d'écoulement du vent dans un milieu urbain dense :
 - l'effet de masque urbain.
 - l'effet canyon.
 - l'implantation d'un bâtiment élevé dans un milieu urbain de faible hauteur
- .(Reiter, 2007)

4-1.L'évaluation du vent autour d'un groupe de bâtiments isolés de formes simples :

4-1-1) L'effet de coin :

La première configuration de l'effet de coin est simulée pour un bâtiment élevé isolé de hauteur H , de longueur L et de largeur B . Les coins de la façade au vent du bâtiment ont été baptisés « coin A » et « coin B », les deux coins de la façade sous le vent « coin C » et « coin D ».

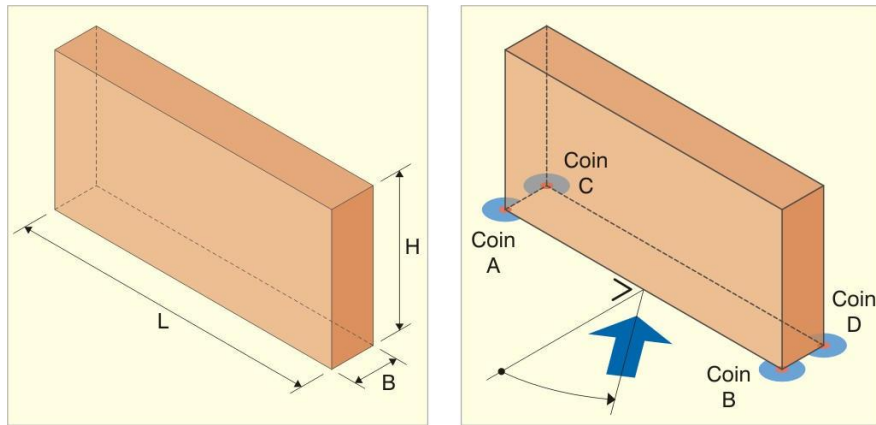


Figure 26 :Configuration-1- Effet Coin

Source : .(Reiter, 2007)

La deuxième configuration de l'effet de coin consiste en un bâtiment élevé (de hauteur H , de longueur L et de largeur B) précédé d'un petit bâtiment (de hauteur h , de même longueur L et largeur B). L'inter-distance entre les deux bâtiments est W .

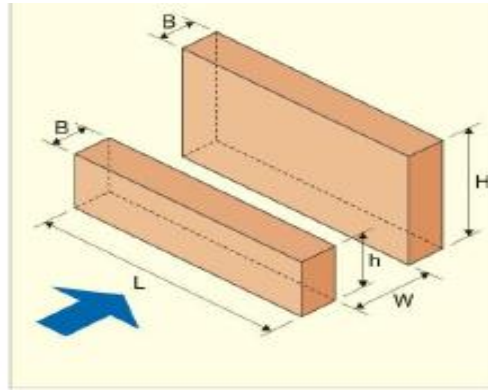


Figure 27 :Configuration-2- Effet Coin

Source : .(Reiter, 2007)

La vitesse maximale de l'effet de coin est peu influencée par l'angle d'incidence du vent par rapport au bâtiment élevé (différence de 15%). En revanche, la position de cet effet critique dépend fortement de l'angle d'incidence du vent.

La hauteur du bâtiment est le paramètre essentiel qui influence l'effet de coin pour un bâtiment isolé. Au plus la hauteur du bâtiment est élevée, au plus l'inconfort se fait sentir.

Dans le cas de deux bâtiments parallèles, un effet de protection au pied des coins des deux bâtiments apparaît lorsque le premier bâtiment présente une hauteur comprise entre 0.4 et 0.6 fois la hauteur du second bâtiment dans la direction du vent. (Reiter, 2007)

Conseils pratiques :

Pour limiter l'effet de coin au pied des bâtiments exposés au vent, on peut donner quelques conseils architecturaux :

- diminuer la hauteur du bâtiment le long des espaces publics, surtout à proximité des coins. Cela peut se faire par exemple par le fait de ceinturer un bâtiment par un élément de hauteur moins élevée : socle, rez-dechaussée créant une avancée, galerie fermée, ...
- densifier le voisinage immédiat du bâtiment élevé par des constructions moins élevées, dont le rapport de hauteur devrait idéalement se situer dans l'intervalle suivant : $1.6 \leq H/h \leq 2.5$
- créer de larges débords (balcons de 6m de profondeur,...) sur toute la façade au vent du bâtiment.

- couper les angles du bâtiment élevé à 45° ou créer des arrondis afin de diminuer le gradient horizontal des vitesses moyennes au niveau du coin.
- prévoir des éléments poreux près des angles du bâtiment élevé (végétation, écrans perméables,...). Ces dispositifs ralentiront la vitesse moyenne de l'air et atténueront l'effet du gradient de vitesse. Une haie de 2m de haut est un brise-vent efficace pour les piétons de par sa perméabilité naturelle.
- protéger les balcons situés aux coins des bâtiments.(Reiter, 2007)

4-1-2) L'effet de cisaillement :

Si on réduit les survitesses au niveau de l'effet de coin, on obtiendra forcément une diminution des vitesses de l'air dans les couches de cisaillement.

La hauteur du bâtiment influence fortement l'effet de cisaillement pour un bâtiment isolé, tant au niveau de l'intensité des survitesses qu'au niveau de la taille de la zone critique pour les piétons. Au plus la hauteur du bâtiment est élevée, au plus l'inconfort se fait sentir.

Placer des obstacles (bâtiments, végétation,...) dans la zone de cisaillement réduit fortement cet effet critique.

Une orientation de l'axe principal des bâtiments élevés dans le sens des vents dominants est la position idéale pour limiter leur effet de cisaillement

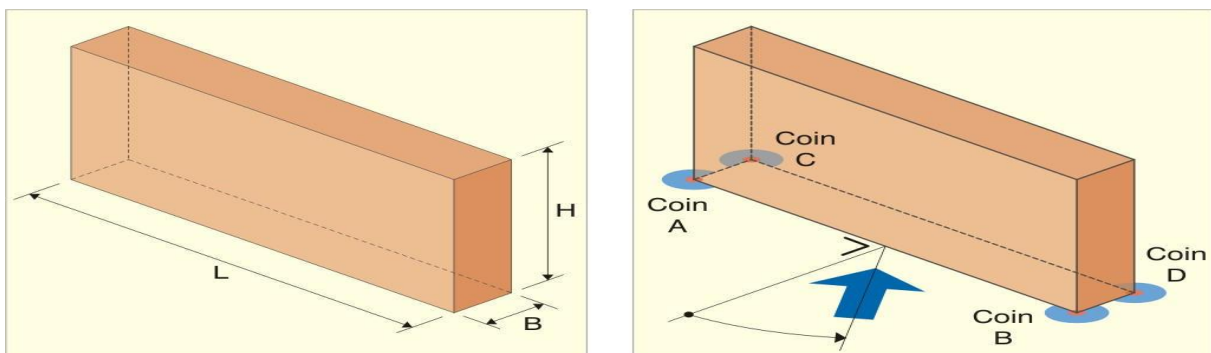


Figure 28 :Configuration de L'effet de cisaillement

Source : .(Reiter, 2007)

Conseils pratiques :

Pour limiter l'effet de cisaillement dans le sillage des bâtiments exposés au vent, on peut donner les conseils architecturaux suivants :

- diminuer la hauteur du bâtiment le long des espaces publics, surtout à proximité des coins.
- densifier le voisinage immédiat du bâtiment élevé (à la fois en amont de celui-ci et dans les zones de cisaillement) par des constructions moins élevées. En effet, plus l'environnement bâti est dense, plus l'effet de sillage est atténué.
- prévoir des éléments poreux près des angles du bâtiment élevé et dans la zone de cisaillement (végétation, écrans perméables,...). Des aménagements végétaux brisent aisément l'effet de cisaillement.
- orienter le bâtiment élevé de manière à ce que l'angle d'incidence du vent dominant par rapport à la façade principale soit compris entre 60° et 120° , avec une position idéale du bâtiment parallèlement au flux du vent dominant (c'est-à-dire pour une incidence du vent de 90°). (Reiter, 2007)

4-1-3) L'effet de passage sous immeuble :

La zone d'inconfort liée à la présence d'un passage sous immeuble débute quelques mètres avant la façade au vent du bâtiment et se prolonge au-delà du passage par un jet d'air à grande vitesse dont le volume est du même ordre de grandeur que le passage. Au-delà de la zone de jet, on retrouve une zone de grande protection au vent correspondant au sillage du bâtiment.

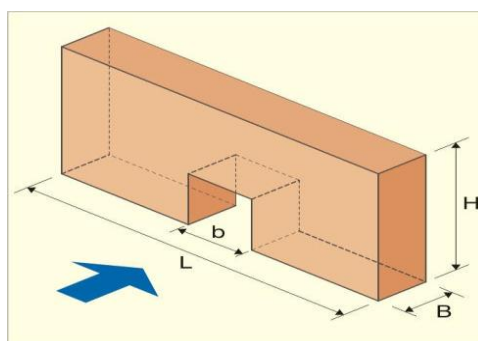


Figure 29 : Configuration L'effet de passage sous immeuble

Source : .(Reiter, 2007)

La hauteur du bâtiment influence fortement l'effet de passage sous un immeuble isolé. Le rapport U/U_0 au niveau des piétons (à 1.5m de haut) dans les passages sous immeubles augmente fortement avec une hauteur croissante des bâtiments.

Les survitesses dans le passage augmentent très légèrement avec l'accroissement de la largeur de l'ouverture.

L'effet critique généré dans les passages étroits est très sensible à la direction du vent, ce qui n'est pas toujours le cas pour des bâtiments sur pilotis. Cet effet est surtout critique pour des incidences du vent de 0 à 45° par rapport à l'axe du passage étroit. Pour une incidence du vent supérieure à 70°, le passage étroit devient une zone protégée par rapport à l'écoulement du vent.

Les pilotis peuvent jouer dans certains cas le rôle de brise-vent.

Un bâtiment placé en amont du passage crée une zone de protection par rapport au vent dans le passage sous immeuble lorsque la hauteur du petit bâtiment est supérieure ou égale à la distance qui sépare les deux bâtiments.

Conseils pratiques :

Pour limiter l'effet de passage sous immeuble, on peut donner les conseils architecturaux suivants :

- diminuer la hauteur du bâtiment le long des espaces publics, surtout du côté du passage sous immeuble le plus exposé au vent dominant.
- orienter le bâtiment de manière à ce que l'angle d'incidence du vent dominant soit compris entre 70° et 90° par rapport à la façade au vent percée par le passage sous immeuble. L'orientation idéale correspond à un vent parallèle à la façade percée par le passage pour piétons.
- protéger le passage sous immeuble par un bâtiment d'une hauteur au moins égale à la distance qui le sépare de l'entrée du passage sous immeuble ($h/W \geq 1$).
- protéger le passage sous immeuble par un auvent de plusieurs mètres devant la face au vent percée du passage.
- prévoir des éléments poreux (végétation, écrans perméables,...) à l'entrée du trou sous immeuble ou à l'intérieur de celui-ci.
- diviser le passage en hauteur de manière à créer un couloir de déviation du vent au-dessus du passage pour piétons.(Reiter, 2007)

4-1-4) Le rouleau tourbillonnaire :

L'effet de rouleau tourbillonnaire a lieu sur une hauteur équivalente à la moitié de la hauteur du bâtiment à partir du sol.

Le rouleau tourbillonnaire n'est réellement critique que pour des bâtiments très élevés ($H > 60\text{m}$) ou des climats très venteux. Pour les bâtiments très élevés,

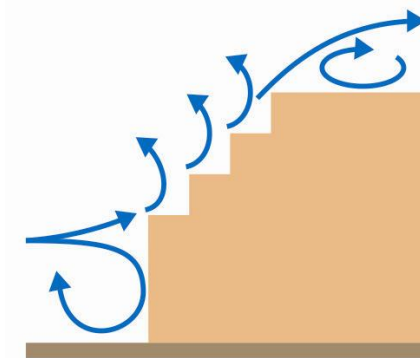


Figure 30: Configuration de l'effet rouleau tourbillonnaire

Source : .(Reiter, 2007)

L'augmentation de la turbulence dans la zone du rouleau tourbillonnaire doit être prise en considération comme un élément qui accroît l'inconfort des piétons.

Pour les bâtiments inférieurs à 50m de haut, il y a une zone de protection au vent marquée devant la face au vent d'un bâtiment isolé. (Reiter, 2007)

Conseils pratiques :

Pour limiter l'effet de rouleau tourbillonnaire au pied des bâtiments très élevés ($H > 60\text{m}$), on peut donner les conseils architecturaux suivants :

- diminuer la hauteur du bâtiment le long des espaces publics, par exemple en créant un jeu de niveaux en gradins.
- intégrer des toits à versants inclinés dans la direction du vent dominant.
- augmenter la porosité ou la rugosité des façades exposées directement au vent. D'une part, des trous peuvent être créés dans la façade pour casser le tourbillon d'air descendant. D'autre part, les balcons et les décrochements d'au moins 2 m de profondeur freinent les courants descendants, assurant une vitesse de l'air confortable au niveau piéton.(Reiter, 2007)

4-1-5) L'effet de barre :

L'effet de barre ne génère pas d'inconfort au niveau piéton. Il annule toutefois l'effet de protection dû au sillage du bâtiment. Il est donc judicieux d'éviter de placer des bâtiments de grande longueur dans une orientation de 45° par rapport aux vents dominants, surtout si la zone de sillage par rapport aux vents dominants est conçue pour abriter des zones de détente pour les piétons. (Reiter, 2007)

Conseil pratique :

Pour limiter l'effet de barre dans le sillage d'un bâtiment de grande longueur, il faut éviter d'orienter le bâtiment à 45° par rapport au vent dominant. (Reiter, 2007)

4-1-6) L'effet de protection dans le sillage d'un bâtiment isolé :

Dans le sillage d'un bâtiment isolé se développe une large zone de protection par rapport au vent, idéale pour y développer des zones de détente confortables pour les piétons.

Le niveau de protection correspond généralement à un rapport U/U_0 inférieur ou égal à 0.5 sur une largeur égale à la largeur face au vent du bâtiment et une longueur égale à 3 à 4 fois la plus petite dimension entre la hauteur et la largeur face au vent du bâtiment.

Conseil pratique :

Pour profiter d'une large zone de protection à l'arrière d'un bâtiment, il est conseillé de présenter sa plus longue façade perpendiculairement au vent dominant. (Reiter, 2007)

4-2.L'évaluation du vent autour de groupes de bâtiments :

4-2-1) L'effet Venturi :

L'effet Venturi est d'autant plus fort que la hauteur des bâtiments augmente et que l'angle d'incidence du vent se rapproche de la bissectrice de l'entonnoir.

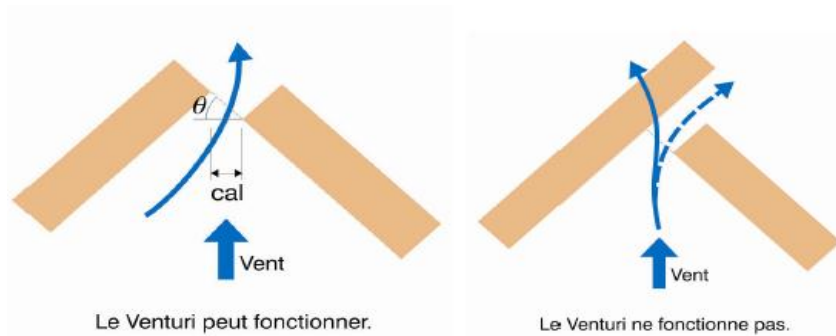


Figure 31 : Configuration de l'effet Venturi

Source : .(Reiter, 2007)

La prolongation de l'entonnoir par un couloir augmente l'intensité de l'effet Venturi alors qu'un prolongement important d'un des bras au-delà de l'ouverture supprime l'effet critique. (Reiter, 2007)

Conseils pratiques :

Pour limiter l'effet Venturi, on peut donner les conseils architecturaux suivants :

- diminuer la hauteur des bâtiments formant l'angle ouvert au vent.
- diminuer la longueur des bras du Venturi pour que la somme de leur longueur totale reste inférieure à 100m. Une possibilité est de créer des bras poreux en introduisant des séparations d'une longueur supérieure à la moyenne des bras du Venturi.
- orienter le bâtiment de manière à ce que l'angle d'incidence du vent dominant soit parallèle à un des bras du collecteur. Eviter absolument l'orientation où la bissectrice de l'entonnoir correspond aux vents dominants.
- densifier la zone en amont ou en aval du collecteur par des bâtiments d'une hauteur au moins égale à la moitié de la hauteur du Venturi.
- prévoir des éléments poreux (végétation, écrans perméables,...) dans l'entonnoir pour ralentir le vent.
- décaler les bâtiments formant l'angle, de manière à ce qu'un des bras dépasse largement derrière le Venturi. (Reiter, 2007)

4-2-2) L'effet Wise :

L'effet Wise est un phénomène qui n'est critique que pour de très hauts bâtiments ($H > 40\text{m}$) dont la longueur est également importante. L'effet Wise augmente fortement avec l'accroissement de la hauteur du second bâtiment. Le rapport de hauteur entre les deux bâtiments et leur inter-distance ont un effet majeur sur la formation de l'effet Wise. L'effet Wise n'apparaît que pour une inter-distance entre les deux bâtiments comprise dans l'intervalle $W = [0.4 H ; 2 H]$ et pour une hauteur du petit bâtiment comprise dans l'intervalle $h = [0.1 H ; 0.6 H]$. L'inter-distance la plus critique vaut $W = 3/4 H$. La hauteur du petit bâtiment la plus critique vaut $h = H/2$. Pour les bâtiments très élevés, l'effet Wise s'étend largement de part et d'autre du groupe de bâtiments, sur une longueur environ égale à $2L$ où L est la longueur du bâtiment élevé.

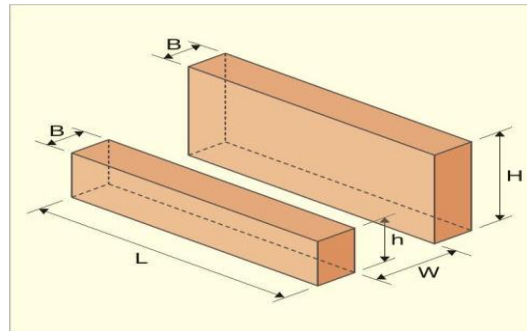


Figure 32: Configuration de l'effet Wise

Source : .(Reiter, 2007)

Conseils pratiques :

Pour limiter l'effet Wise, on peut donner les conseils architecturaux suivants :

- diminuer la hauteur du bâtiment élevé
- diminuer la longueur du bâtiment élevé
- augmenter la taille du petit bâtiment de telle sorte que $h \geq 0.6 H$
- augmenter l'inter-distance entre les deux bâtiments de telle sorte que $W \geq 2 H$
- densifier l'environnement proche
- protéger l'espace entre les bâtiments par un auvent, de la végétation,...
- introduire une porosité au-dessus du niveau piéton (c'est-à-dire que l'air doit pouvoir passer à travers le grand bâtiment au-dessus du niveau piéton). (Reiter, 2007)

4-2-3) L'effet de double coin :

L'intensité de l'effet de double coin, augmente avec l'accroissement de la hauteur des bâtiments et plus légèrement avec l'augmentation de leur longueur.

Une largeur minimale du passage de 6m est nécessaire pour que l'effet de double coin soit supérieur à l'effet de coin d'un bâtiment isolé. En revanche, la largeur du passage a peu d'influence sur l'intensité de l'effet de coin, une fois que celui-ci est établi.

Des bâtiments décalés créent un effet de double coin identique par rapport à des bâtiments parallèles. (Reiter, 2007)

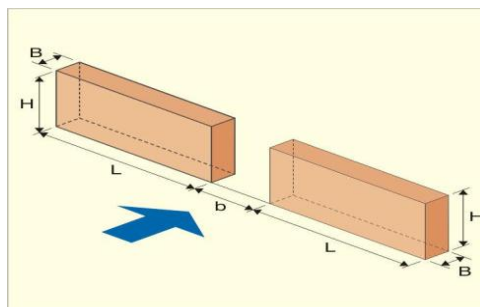


Figure 33: Configuration de l'effet de double coin

Source : .(Reiter, 2007)

Conseils pratiques :

Pour limiter l'effet de double coin, on peut donner les conseils architecturaux suivants :

- diminuer la hauteur des bâtiments formant le passage.
- orienter le bâtiment de manière à ce que l'angle d'incidence du vent dominant soit compris entre 70° et 90° par rapport à la façade au vent percée par le passage entre immeubles. L'orientation idéale correspond à un vent perpendiculaire au passage pour piétons.
- protéger le passage entre immeubles par un bâtiment
- protéger le passage entre immeubles par un auvent qui divise le flux d'air à l'intérieur du passage et crée ainsi un couloir de déviation du vent au-dessus du passage pour piétons.
- prévoir des éléments poreux (végétation, écrans perméables,...) à l'intérieur du passage. (Reiter, 2007)

4-2-4) L'effet de bâtiments en quinconce (effet de liaison de zones de pression différente) :

- L'effet de bâtiments en quinconce s'accroît fortement avec l'augmentation de la hauteur des bâtiments.
- Son existence dépend de la définition et des dimensions du couloir de liaison entre les bâtiments en quinconce.

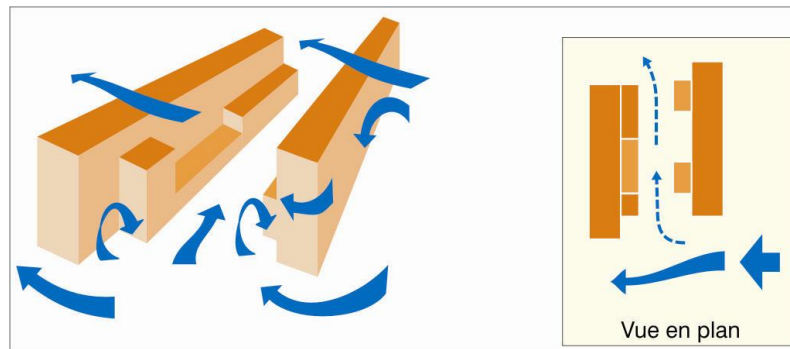


Figure 34: Configuration de l'effet de bâtiments en quinconce

Source : .(Reiter, 2007)

Conseils pratiques :

Pour limiter l'effet des bâtiments en quinconce, on peut donner les conseils architecturaux suivants :

- diminuer la hauteur des bâtiments en quinconce.
- rapprocher les bâtiments en quinconce pour que la largeur de la surface au vent non commune aux bâtiments soit inférieure à la hauteur des bâtiments en quinconce.
- entraver l'écoulement dans le couloir de liaison à l'aide de décrochements
- élargir le couloir de liaison : sa largeur doit être supérieure à la hauteur moyenne des bâtiments en quinconce.
- rendre le couloir de liaison poreux en séparant les bâtiments qui le Constituent
- introduire des éléments poreux (végétation, écrans perméables,...) dans le couloir de liaison. (Reiter, 2007)

4-2-5) L'effet de canalisation linéaire

- Une canalisation linéaire n'est pas une situation critique en soit mais elle peut transmettre un inconfort au vent généré par un bâtiment élevé ou en groupe de bâtiments sur une grande longueur.
- La largeur d'une canalisation continue et non obstruée et son orientation par rapport au vent sont les paramètres déterminants pour l'existence d'un tel effet critique.

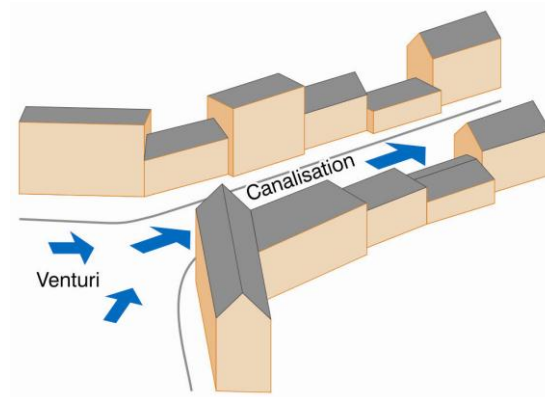


Figure 35: Configuration de l'effet de canalisation linéaire

Source : .(Reiter, 2007)

Conseils pratiques :

Pour limiter l'effet de canalisation, on peut donner les conseils architecturaux suivants :

- diminuer la longueur des canalisations, surtout à proximité des bâtiments élevés.
- élargir la canalisation de manière à ce que sa largeur soit supérieure à trois fois la hauteur des bâtiments qui la constituent.
- entraver l'écoulement dans la canalisation à l'aide de décrochements, débords, terrasses,...
- rendre la canalisation poreuse (porosité >5%) en séparant les bâtiments qui la constituent
- orienter les longues canalisations de manière perpendiculaire ou oblique par rapport aux vents dominants, surtout à proximité des bâtiments élevés.
- introduire des éléments poreux (végétation, écrans perméables,...) le long de la canalisation afin d'y freiner le vent. (Reiter, 2007)

4-2-6) L'effet de maille :

- Un effet de maille peut apparaître pour les configurations construites en boucle dont la hauteur moyenne des bâtiments est supérieure à leur épaisseur et dont la longueur non construite de cette boucle ne représente pas plus de 25% du périmètre de la maille.
- L'effet de protection généré au cœur d'une maille est d'autant plus important que :
 - le rapport entre sa superficie intérieure et le carré de sa hauteur est faible,
 - la maille est davantage fermée,
 - les ouvertures sont placées du côté sous le vent,
 - l'environnement construit est formé de bâtiments d'une hauteur équivalente à celle de la maille. (Reiter, 2007)

Conseils pratiques :

Pour favoriser l'effet de maille qui assure un espace confortable pour les piétons, on peut donner les conseils architecturaux suivants :

- augmenter la hauteur des bâtiments pour augmenter la superficie de la zone protégée à l'intérieur de la maille.
- créer une maille la plus continue possible, en construisant des murs ou des barrières végétales là où aucun bâtiment ne peut pas être construit.
- orienter la maille de manière à ce que ses ouvertures soient sous les vents dominants.
- densifier l'environnement de la maille, par de bâtiments de hauteur homogène et similaire à la hauteur de la maille. (Reiter, 2007)

4-2-7) L'effet d'écran linéaire :

- L'effet de protection généré dans le sillage d'un bâtiment ou d'un brise-vent peut être étendu à un quartier en créant un écran continu perpendiculairement aux vents dominants. (Reiter, 2007)

Conseils pratiques :

Pour favoriser l'effet d'écran linéaire qui assure un espace confortable pour les piétons, on peut donner les conseils architecturaux suivants :

- allonger le premier bâtiment face au vent de manière à créer une bande construite perpendiculairement aux vents dominants.
- augmenter la hauteur de l'écran linéaire.

- combler les espacements entre les bâtiments face au vent par des écrans poreux (végétation, ...) de manière à assurer la continuité de la protection. (Reiter, 2007)

4-2-8) L'effet de pyramide :

- Les formes pyramidales offrent un effet de protection par rapport au vent qui permet d'augmenter la hauteur d'un bâtiment tout en conservant le confort au niveau piéton. Il est important d'étager le plus possible les niveaux. (Reiter, 2007)

Conseils pratiques :

Pour favoriser l'effet de pyramide, on peut donner les conseils architecturaux suivants :

- diminuer la hauteur du bâtiment du centre vers les espaces publics de manière la plus continue possible (gradins progressifs), surtout à proximité des coins.
- densifier la zone proche des coins globaux de la pyramide protégé les coins globaux de la pyramide par des éléments poreux végétation, écrans perméables,...).
- couper les angles de la pyramide à 45° ou créer des arrondis afin de diminuer le gradient horizontal des vitesses moyennes au niveau des coins.
- protéger les balcons situés aux coins de la pyramide et à proximité de son sommet (volumétrie aérodynamique, garde-corps déflecteurs, ...). (Reiter, 2007)

4-3.L'évaluation du vent dans un milieu dense :

4-3-1) L'effet de masque urbain :

L'effet de masque urbain génère une zone de protection étendue sur l'ensemble d'un tissu de hauteur relativement homogène et peu élevée. La vitesse du vent dans les rues décroît avec l'augmentation du rapport de blocage des îlots urbains. La vitesse de l'air en intérieur d'îlot dépend du rapport S/h^2 entre sa surface intérieure et le carré de la hauteur des bâtiments. Les seules zones à risque dans ce type de plan masse sont :

- une bande de 200m située en bordure de l'urbanisation dense,
- les zones ouvertes de grande taille ($S \geq 40\,000\text{ m}^2$) et le périmètre de 200m de large qui les entoure,
- les zones au pied d'un bâtiment dont la hauteur est égale ou supérieure au double de la hauteur moyenne du tissu urbain.
- L'effet de masque urbain génère une zone de protection étendue sur l'ensemble d'un tissu de hauteur relativement homogène et peu élevée. (Reiter, 2007)

Conseils pratiques :

Pour favoriser l'effet de masque urbain, on peut donner les conseils architecturaux suivants :

- prévoir des hauteurs de bâtiments relativement homogènes, c'est-à-dire créer des zones de transition pour éviter des changements de hauteur qui dépassent 100% de la hauteur de la zone précédente.
- disposer les îlots urbains en quinconce en bordure de la zone urbaine dense, sur une bande large de 200m.
- prévoir des places et des espaces verts de dimension moyenne ($S < 40\,000\text{ m}^2 = 200 \times 200\text{m}$).
- planter les rues de grande longueur en bordure de la zone urbaine dense, afin de profiter de l'effet de protection de la végétation.
- placer des éléments poreux (végétation, écrans perméables,...) sur les places et dans les parcs de grande dimension ($S \geq 40\,000\text{ m}^2$), afin d'y ralentir l'écoulement du vent. (Reiter, 2007)

4-3-2) L'effet canyon :

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.

Les rues étroites ($H/W \geq 0.7$) créent un effet de masque important : l'effet canyon. (Reiter, 2007)

Conseil pratique :

Pour limiter au maximum les vitesses de vent dans les rues, il est utile d'assurer l'effet canyon qui est très confortable pour les piétons, en appliquant la règle géométrique suivante : le rapport entre la hauteur des bâtiments et la largeur de la rue doit être supérieur ou égal à 0.7 (c'est-à-dire pour $H/W \geq 0.7$). (Reiter, 2007)

4-3-3) L'écoulement du vent autour d'un bâtiment élevé implanté en milieu urbain dense :

L'implantation d'un bâtiment de grande hauteur dans un tissu de hauteur homogène et relativement faible (H/h moyen > 2) crée des zones d'inconfort dans les rues adjacentes et accroît les vitesses de l'air au niveau piéton sur une surface dont le rayon est de l'ordre de la hauteur de ce bâtiment élevé.

L'intensité des survitesses au niveau piéton dépend essentiellement du rapport entre la hauteur du bâtiment élevé et la hauteur moyenne des bâtiments environnants : H/h . (Reiter, 2007)

Conseils pratiques :

Pour réduire les vitesses de vent autour d'un bâtiment élevé implanté en milieu urbain, on peut donner les conseils architecturaux suivants :

- diminuer la hauteur du bâtiment élevé, afin de diminuer le rapport H/h entre la hauteur de ce bâtiment et la hauteur moyenne du tissu urbain,
- diminuer la hauteur des parties du bâtiment qui longent l'espace public, surtout près des coins, par des reculs, des gradins, des socles,...
- créer des bâtiments élevés aux contours aérodynamiques ou des bâtiments qui présentent leur face la plus étroite vers les vents dominants.
- ajouter des terrasses horizontales d'au moins 6m de large. (Reiter, 2007)

4-3-4) Les effets du vent au sein des grands ensembles de bâtiments élevés :

Dans les grands ensembles de bâtiments élevés, les risques d'inconfort pour les piétons sont élevés.

Conseils pratiques :

Pour limiter les survitesses du vent dans les grands ensembles de bâtiments élevés, on peut donner les conseils architecturaux suivants :

- diminuer les hauteurs des bâtiments, surtout le long des espaces publics.
- agrandir l'espace entre les bâtiments élevés jusqu'à une distance au moins égale à 3 fois la dimension transversale des tours ($E > 3d$). afin d'éviter les interférences entre celles-ci
- prévoir des éléments poreux (végétation, écrans perméables,...) sur l'ensemble de la zone afin de réduire les vitesses de vent au niveau piéton. (Reiter, 2007)

5. Impact des vents sur le confort en milieu urbain extérieurs :

Le confort de l'individu résulte en partie de l'ambiance thermique. Il s'agit d'une notion complexe et globale puisque plusieurs paramètres interagissent et influencent son évaluation. Son étude nécessite la prise en compte de facteurs objectifs ainsi que subjectifs. L'ambiance thermique est significativement déterminée par les éléments du microclimat.

Par conséquent, le confort thermique résulte d'une interaction complexe entre les

Paramètres microclimatiques et les paramètres relatifs à l'individu. Son évaluation nécessite .Tout d'abord la connaissance de quatre paramètres microclimatiques

- La température moyenne radiante
- La vitesse de l'air
- La température de l'air
- L'humidité de l'air (Tsoka, 2011)

5-1. Effet mécanique du vent :

On considère ici l'action directe du vent qui peut être une source de gêne, voire de déséquilibre dangereux pour les piétons par sa vitesse et sa turbulence.

Le confort dynamique est perturbé lorsque les forces induites par les vents, variables dans le temps et l'espace, sollicitent mécaniquement « l'obstacle corps humain », entravent ses mouvements, agressent ses vêtements, etc. (BOUKETTA, 2011)

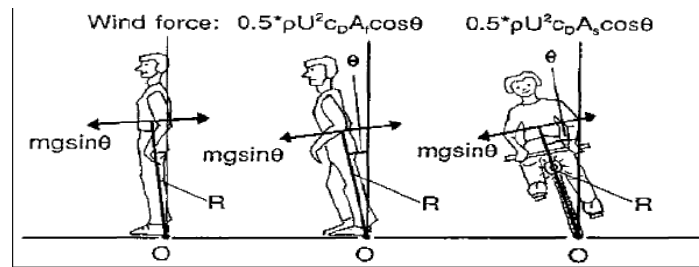


Figure 36 : effet de la force du vent sur des piétons ayant positions diverses

Source : (BOUKETTA, 2011)

5-2. Effets thermiques :

Bien que l'effet thermique (refroidissement) du vent soit aussi un facteur important, il est toutefois plus difficile de l'évaluer, notamment en raison de l'interaction de la température de l'air, du soleil, des vêtements et des activités (production de la chaleur), sans compter le fait que les gens qui vivent dans des climats différents ne réagissent pas de la même façon à la température. (Schriever, 1976)

5-3. Effets dynamique :

L'air à l'extérieur est généralement calme, son L'altération dépend fortement de la vitesse et de l'angle d'incidence de l'air libre. La vitesse de l'air est considérablement réduite dans les rues larges surtout pour les incidences perpendiculaires à L'orientations des canyons urbains dans le sens des vents dominants en été permet une meilleur ventilation, et chasse la chaleur piégée. (BOUCHERIBA)

5-4. Effets radiatif :

La température moyenne radiante est estimée être égale à la température de l'air. Le microclimat urbain des rues, des effets des radiations solaires confirment le grand avantage de l'ombrage des espaces extérieurs qui contribue à la réduction des gains de chaleur radiante d'une personne comparée à une autre complètement exposée au soleil. Le résultat récapitulatif est que l'impact de ces deux paramètres est directement perceptible sur la température de l'air en milieu urbain. (BOUCHERIBA)

6. Conclusion :

Nous pouvons conclure dans ce chapitre que le terrain, la densité des constructions et leur hauteur influent considérablement sur la vitesse du vent et son orientation.

Nous déduisons aussi que les modifications des structures influent sur les effets climatiques et en l'occurrence sur le phénomène vent et ce pour améliorer le confort de l'individu.

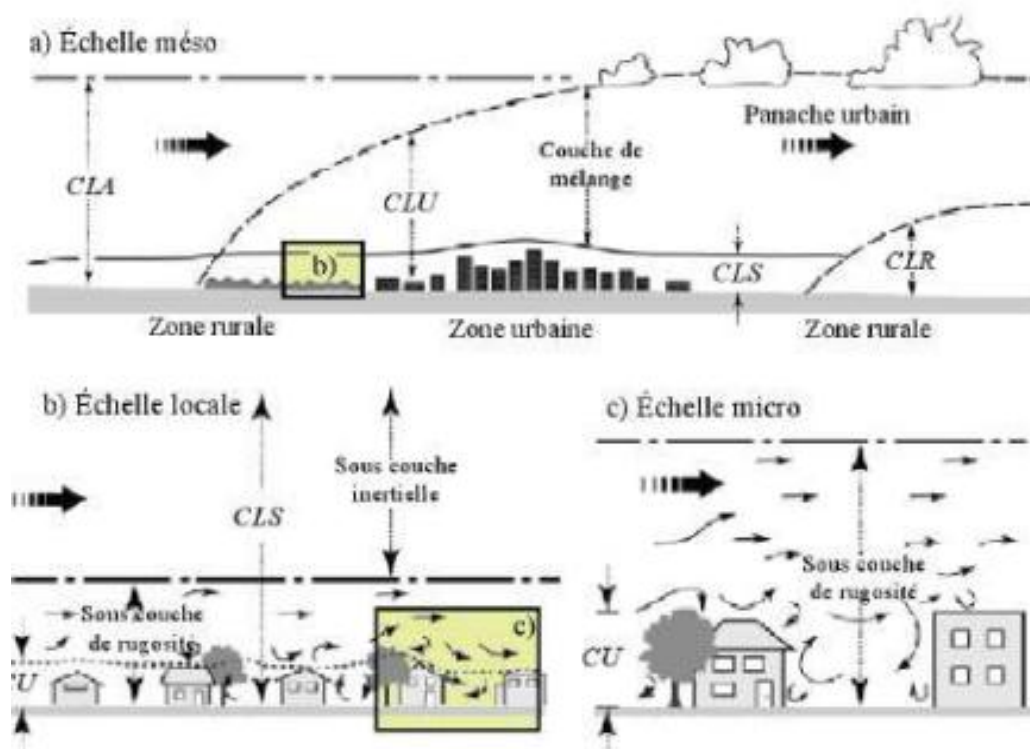


Figure 37 : le vent dans toutes les échelles

source : (Tsoka, 2011)

Chapitre3 : Recherche Antérieure

1. Introduction :

Nous avons abordé dans ce chapitre les travaux antérieurs de différents chercheurs qui ont étudié le phénomène vent, en tenant compte des techniques utilisées et des résultats qui en découlent. L'exploitation des données précédentes a orienté notre recherche sur une technique plus fiable à savoir une simulation d'actualités qui répond aux exigences actuelles en matière de confort.

2. Travaux expérimentaux et analytiques :

2-1. Expérimentation de (Bouketta and Bouchahm, 2012)

L'intérêt de cette étude est de mettre en exergue l'effet de la géométrie urbaine sur le confort et la qualité des ambiances thermo-aérodynamiques dans les espaces extérieurs dans la ville de Jijel (Algérie). Une campagne de mesures in-situ a été menée, pendant laquelle la température de l'air, l'humidité relative et la vitesse du vent ont été enregistrées simultanément pour deux cas d'étude (deux quartiers d'habitat collectifs) durant la période estivale. Les résultats montrent que la disposition des formes bâties détermine et modélise l'écoulement du vent et influe par conséquent sur le confort des usagers. Pour un tel climat humide, une forme urbaine éclatée du plan de masse est à déconseiller dans un site en altitude. En revanche, elle sera de mise pour les zones situées à basse altitude. Le logiciel envi-met 3.1 beta 4 nous a permis d'effectuer une simulation numérique et de vérifier les résultats obtenus par la campagne de mesures en tenant compte de différents scénarios. Ainsi, les résultats de simulation sont discutés dans le présent document. (Bouketta and Bouchahm, 2012)

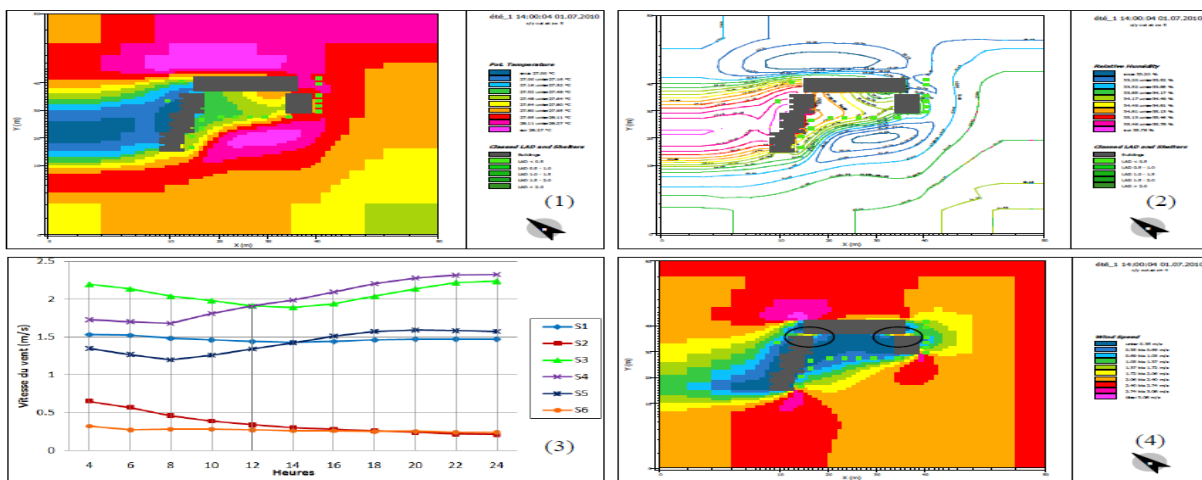


Figure 38 :resultat de simulation urbaine sur la ville de jijel algerie avec le logiciel envi.met 3.1beta4

Source : .(Reiter, 2007) (Bouketta and Bouchahm, 2012)

2-2. Expérimentation de Djamel Mestoul et Rafik Bensalem et Luc Adolphe 2015 :

La recherche, est basée sur la modélisation de la forme urbaine via la CFD (Computational Fluid Dynamics) par rapport au risque naturel d'ensablement dans la région de Timimoun. L'objectif est de définir une forme urbaine dont le comportement doit favoriser davantage le libre passage du vent au sein du plan masse à une vitesse de 2 à 5m/s afin d'éviter autant que possible la stagnation du sable autour des masses bâties, notamment dans les rues, les ruelles et tout espacement qui puisse exister entre masses bâties. (MESTOUL et al., 2015)

Dans cette présentation d'étude ils ont tenté à travers la modélisation de définir un prototype de forme urbaine qui soit capable de « s'auto-protéger » contre le phénomène d'ensablement. Entre outre, il s'agit de saisir les zones de dépôt de sable pour une forme urbaine donnée afin d'apporter des corrections quant au comportement du vent au sein de celle-ci. L'objectif étant de favoriser l'écoulement du vent dans certaines zones supposées être des zones de dépôt suite à la décélération de la vitesse du vent. Le maintien d'une certaine vitesse d'au moins 2m/s dans ces endroits du plan masse permettra la diminution du dépôt des grains de sable, ou parfois la remise en mouvement suivant un mode de saltation des grains déjà déposés.

Ce travail même s'il prend en considération les paramètres climatiques spécifiques à la région de Gourara, n'a pas la prétention de proposer un modèle de ville qui reprend le fondement théorique de l'aspect architectural et urbanistique de la région. (MESTOUL et al., 2015)

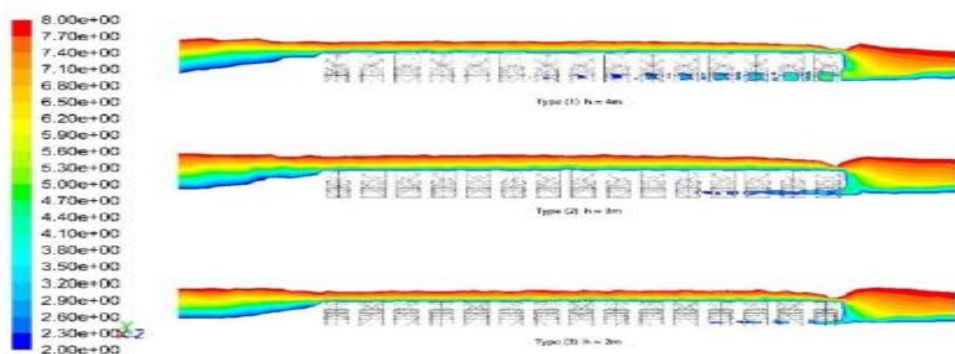


Figure 39: coupe *longitudinale* montrant les gradients de la vitesse d'air (m/s) enregistrés sous les volumes des trois modèles testés la région Gourara Algérie Gourara Algerie avec le logiciel Fluent Ansys

Source : (MESTOUL et al., 2015)

2-3-Expérimentation d'Abdeljaoued Meriem 2014 :

L'axe de recherche s'appuie sur une méthode comparative, sur le cas d'étude à la ville d'Annaba (quartier Belaid Belgacem et quartier des orangers)

Lors de l'étude morphologique du quartier on a remarqué que les immeubles à trois niveaux selon les paramètres influant sur les processus de dispersion de pollution atmosphérique, Le chercheur a étudié chaque partie avec ses îlots :

Les simulations de l'écoulement du vent autour de bâtiments isolés, autour de groupes de bâtiments isolés et au sein d'un milieu urbain constituent un réservoir d'informations quantitatives et qualitatives pour la compréhension de l'écoulement du vent autour des bâtiments et la dispersion des polluants atmosphériques. Ces outils graphiques permettent d'évaluer rapidement les risques d'inconfort, les nuisances sanitaires dues au comportement des polluants dans les configurations bâties étudiées.(ABDELJOUAD, 2014)

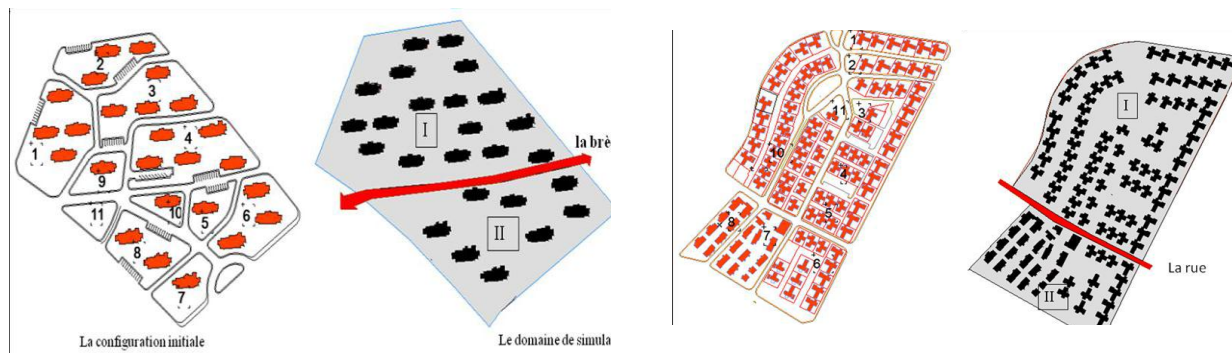


Figure 40: La configuration initiale du quartier des orangers et quartier Belaid Belgacem ; la ville d'Annaba et le domaine de simulation avec le logiciel Fluent Ansys

Source : (ABDELJOUAD, 2014)

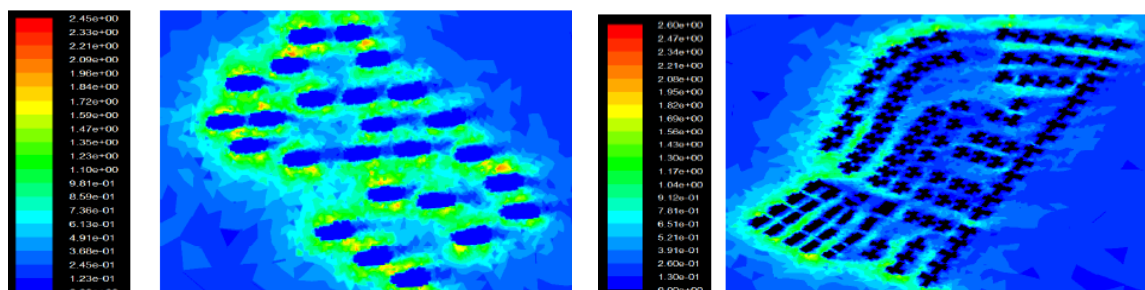


Figure 41 : résultats de Ecoulement de l'air pour une vitesse de 2m/s a une hauteur h=1.5m

Source : (ABDELJOUAD, 2014)

2-5.Expérimentation de Christian Barré 2014 :

La tour de contrôle d'un aéroport irakien a été conçue avec une double peau. Il fallait donc dimensionner ce qui se passait sur l'ensemble de la tour mais aussi sur ses différents éléments d'habillage ; la double peau, les façades vitrées. Entre les deux peaux de la tour, la distance est relativement faible, de l'ordre de 30 à 40 centimètres. Le vent est capable de circuler dans la double peau, qui est ouverte en partie haute, en partie basse et à certaines hauteurs. Il faut identifier les pressions sur la peau extérieure et la peau intérieure et peser les efforts exercés sur des parties de la tour qui ont des structures et des habillages différents.

Dans le cas de l'aéroport de Mayotte, la spécificité tenait à une couverture posée sur une structure bois. Les façades, poreuses, sont construites à base de lames en bois ajourées larges de 10 cm. En soufflerie physique, une lame de 10 cm à une échelle de 1/100ème ou de 1/200ème est impossible à instrumenter.(Barré, 2014)

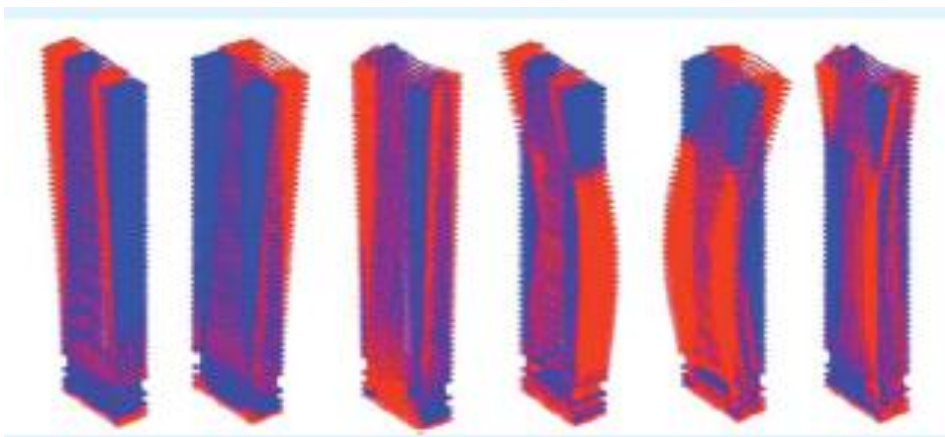


Figure 42: principaux modes de vibration d'une tour

Source : (Barré, 2014)

2-6. Expérimentation de Christian Barré 2014 :

Les ponts sont des ouvrages très sensibles dont le comportement aérodynamique peut varier très vite en fonction des éléments d'habillage que l'on dispose dessus (barrières, garde-corps, trottoirs etc.). Dans le cas du pont **Sunshine Skyway en Floride**, deux souffleries différentes avaient été sollicitées pour faire des mesures. L'une avait mise en évidence une portance globale positive alors que l'autre enregistrait une portance négative. Il s'est avéré que cette différence était associée à la qualité de modélisation de certains petits détails géométriques du tablier. Dans une des souffleries, la maquette avait été réalisée par soudage, les arêtes apparaissaient vives. (Barré, 2014)

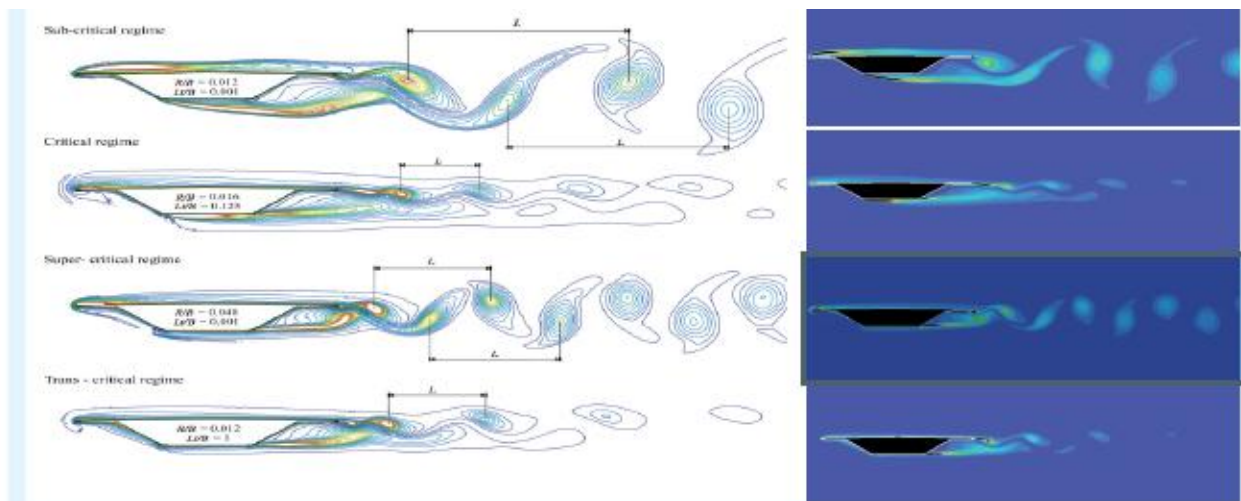


Figure 43: Schéma d'aérodynamiques des tabliers de pont

Source : (Barré, 2014)

2-7. Expérimentation de Christian Barré 2014 :

Le chercheur travaille sur l'ensemble du quartier de la Défense Paris. La dalle de la Défense n'est pas un espace connu pour son confort : beaucoup de courants d'air, de zones d'ombres... Il fallait anticiper l'influence que l'évolution du quartier allait exercer sur le confort de sa dalle. Nous avons étudié trois projections temporelles : 2010, 2015 et 2020, en fonction des programmes architecturaux connus à ce jour

En matière de climatique et de physique des ouvrages, ils ont pu, grâce au numérique, entrer à l'intérieur des bâtiments pour traiter le confort hygro-thermique des grands volumes climatisés par le biais de systèmes thermiques traditionnels ou de systèmes de ventilation naturelle. Il est également possible d'étudier l'engouffrement du vent et de ce qu'il peut transporter dans les ouvrages : la pluie, la neige, éventuellement le sable. Il est également possible de se pencher sur les problèmes de qualité de l'air d'ouvrages sensibles. (Barré, 2014) .

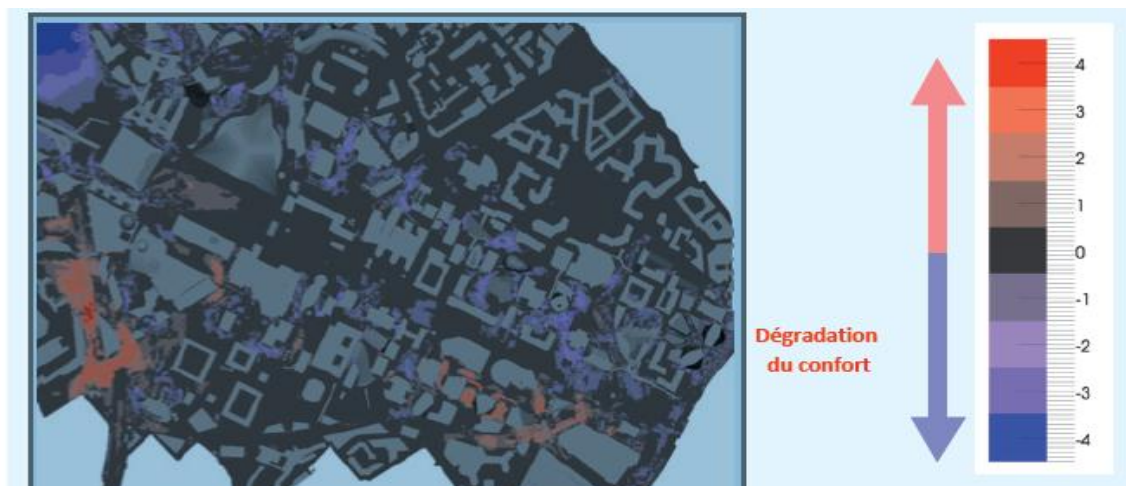


Figure 44: Schéma du quartier de la Défense Paris

Source : (Barré, 2014)

2-8. Expérimentation de Sigrid Reiter 2007 :

Cette recherche d'étude du vent autour des bâtiments à partir de simulations numériques CFD. Après une analyse théorique des modèles de turbulence existants, une validation du logiciel FLUENT a été réalisée à partir de tests en tunnel à vent. Cette validation porte sur l'écoulement du vent dans trois types de contextes construits : un bâtiment isolé, un groupe de bâtiments et un milieu urbain dense. Cette étude a permis de définir des règles d'élaboration des simulations CFD., cette étude présente la description d'outils quantitatifs simplifiés pour l'évaluation des vitesses du vent autour de bâtiments de formes simples. La méthodologie développée dans le chapitre de cette thèse peut être utilisée dans l'avenir pour continuer de produire des outils quantitatifs simplifiés pour l'ensemble des mécanismes critiques du vent, y compris au sein d'un milieu urbain dense, ou pour réaliser des études plus complexes d'un contexte particulier à l'aide de simulations CFD.(Reiter, 2007)

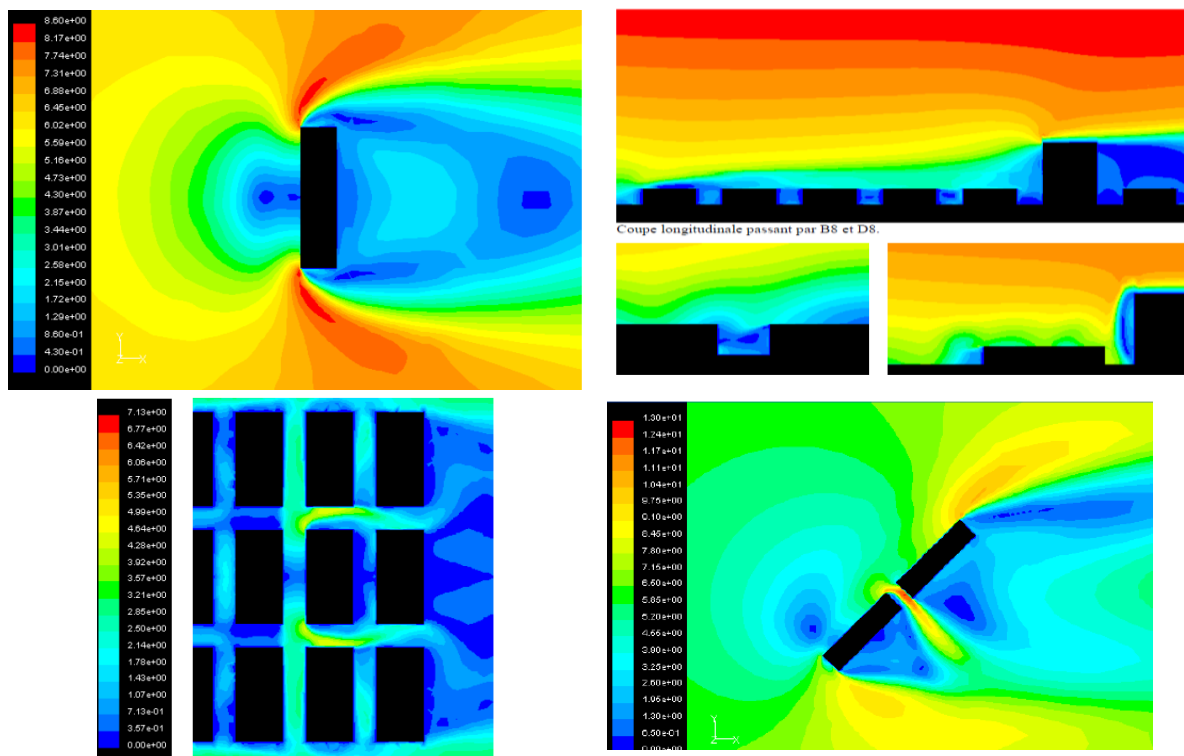


Figure 45 : résultats de quelques cas de simulation

Source : (Reiter, 2007)

2-9. Expérimentation d'Olivier Flamand 2009 :

Le projet (canopée) de Patrick Berger et Jacques Anziutti propose pour la rénovation du centre des Halles à Paris une vaste couverture fine, élancée et partiellement ouverte aux éléments climatiques qui viendra couvrir le forum souterrain entre les rue Lescot, Berger et Rambuteau.

Bien qu'inscrit dans l'épaisseur de la rugosité bâtie, ce projet présente des caractéristiques architecturales d'envergures et d'élancements ainsi que de grands espaces publics ouverts sur l'extérieure qui le rendent sensible au vent.

Ces particularités ont conduit à engager des études en soufflerie pour vérifier d'une part le dimensionnement au vent de la couverture du centre des Halles à Paris notamment des ventelles qui la composent, d'autre part assurer dans les espaces ouverts des niveaux de confort piétonnier de qualité.

Trois études aérodynamiques et deux maquettes ont été nécessaires pour répondre à ces problématiques :

- une maquette du bâtiment et de son environnement à l'échelle réduite 1/200 a été utilisée pour la mesure des efforts sur la toiture et du confort dans les espaces piétonniers
- une maquette à l'échelle du 1/50a servi à mesurer la stabilité aérodynamique des ventelles. (Flamand, 2009)



Figure 46: Maquette de l'environnement bâti à l'échelle de 1/200 du centre des Halles à Paris

Source : (Flamand, 2009)



Figure 47: Etude en soufflerie des actions du vent sur le canopée des halles de Paris

Source : (Flamand, 2009)

2-10. Expérimentation Centre Scientifique et Technique du Bâtiment à Nantes :

En France ce type d'essais se pratique habituellement dans la soufflerie "Jules Verne" du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment à Nantes qui reproduit la turbulence atmosphérique. Pour une verrière ou un toit de stade par exemple, l'étude en soufflerie consiste à fabriquer une maquette du bâtiment à échelle réduite, typiquement au 1/100e, puis à l'équiper de plusieurs centaines de capteurs de pression. Cette maquette est insérée dans une maquette d'environnement reproduisant la proximité immédiate du lieu où le bâtiment sera construit. Le vent produit en soufflerie sera alors bien représentatif de celui subi par la structure une fois construite.

Le but des essais consiste à enregistrer en fonction du temps les pressions à la surface de la maquette, en simulant une tempête pendant une durée suffisante afin de bien capter les maxima des efforts lors des rafales. Toutes les directions du vent sont testées, soit typiquement 36 essais différents couvrant une rotation complète de 360°. (Hémon, 2014)



Figure 48: Schéma du stade Mans en France

Source : (Hémon, 2014)

2-11. Expérimentation Karim FAHSSIS, Guillaume DUPONT, Pierre LEYRONNAS :

L'étude a été réalisée dans le quartier de la ville japonaise de Niigata. Le vent vient dans la direction de 225 ° (flèche bleue) et les résultats des points sont placés à plusieurs endroits aléatoires, à deux mètres de haut.

Les facteurs d'accélération du calcul ont été comparés à des facteurs d'accélération obtenues par les mesures expérimentales, les valeurs des fonctions calculées des valeurs mesurées pour les points cohérents ont été représentées. (FAHSSIS et al., 2013)

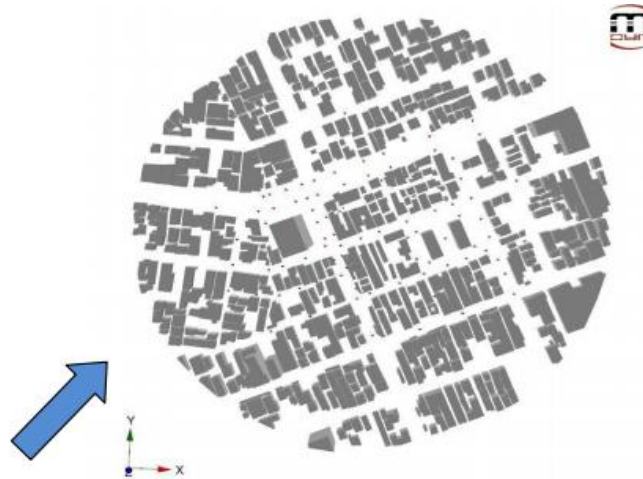


Figure 49: Schéma des résultats des points du vent

Source : (FAHSSIS et al., 2013)

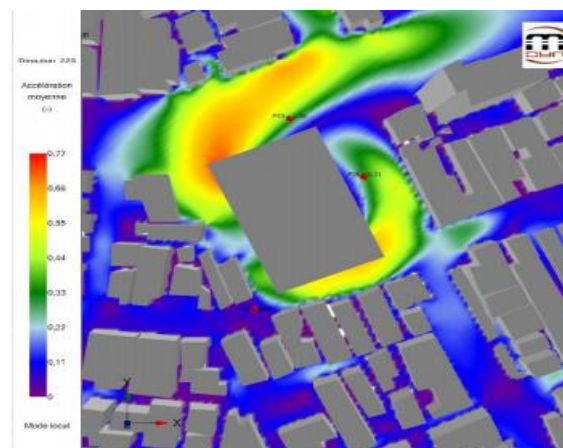


Figure 50: Schéma des résultats de simulation de quartier Niigata Japon

Source : (FAHSSIS et al., 2013)

2-12. Expérimentation sur l'Aéroports de Paris :

Pour l'étude sur Roissy, un travail préparatoire de numérisation du site sous-traité par ADP (Aéroports de Paris) à un prestataire a été réalisé : données numériques de terrain et d'architecture fournies au CERFACS, au format Autocad, pas exploitable directement.

Les formats pouvant être lus directement par les logiciels commerciaux utilisés dans cette étude ne sont pas ceux utilisés couramment en architecture ou en topographie.

La maquette numérique a été élaborée sur tout le site de Roissy (excepté le village de Roissy), mais seule la partie centrale, couvrant les terminaux et leur voisinage immédiat a été utilisée (domaine d'environ 3km * 4km). Les simulations sur le domaine complet auraient été trop coûteuses.

La maquette numérique de Roissy Charles De Gaulle est construite à partir de ces données numériques issues du logiciel Autocad :

- données numériques de terrain décrivant les lignes de force du relief
- données numériques de toiture décrivant le faîtage et les bordures des toits des bâtiments. (Pesin and Giard., 2012)

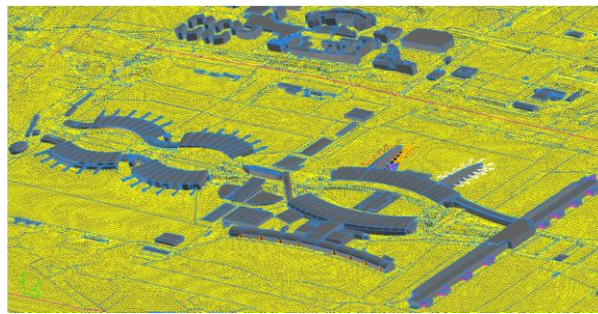


Figure 51: Maillage non structuré réalisé par le CERFACS sur la zone de Roissy-CDG

Source : (Pesin and Giard., 2012)

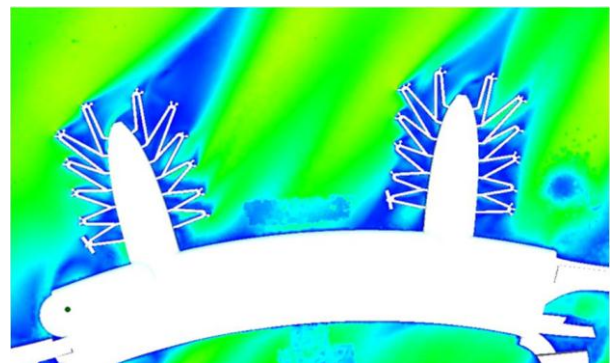
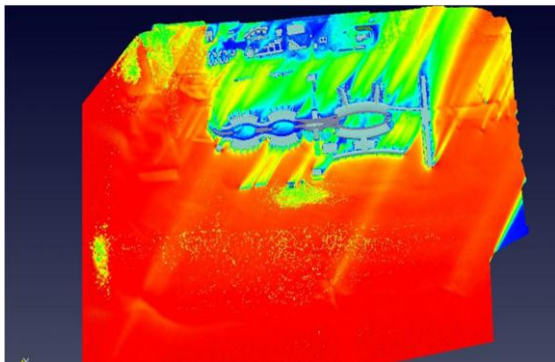


Figure 52: Champ de vent moyen obtenu par simulation

Source : (Pesin and Giard., 2012)

2-13.Expérimentation DE Patrick ARMAND 2015 :

L'étude a pris en compte sur 3 cas GARA DU NORD, GRAND PALAIS ET PREFECTURE DE POLICE en France.(ARMAND, 2015)

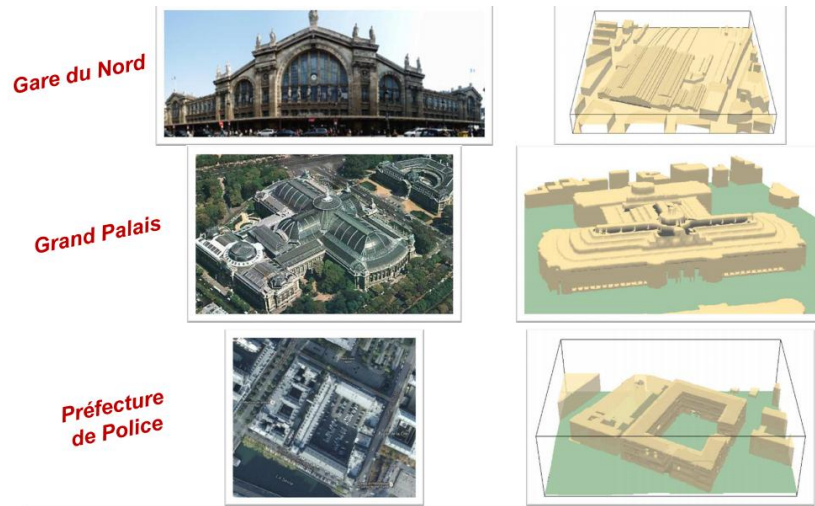


Figure 53: Présentation des cas des simulations Photos et maquettes numériques

Source : (ARMAND, 2015)

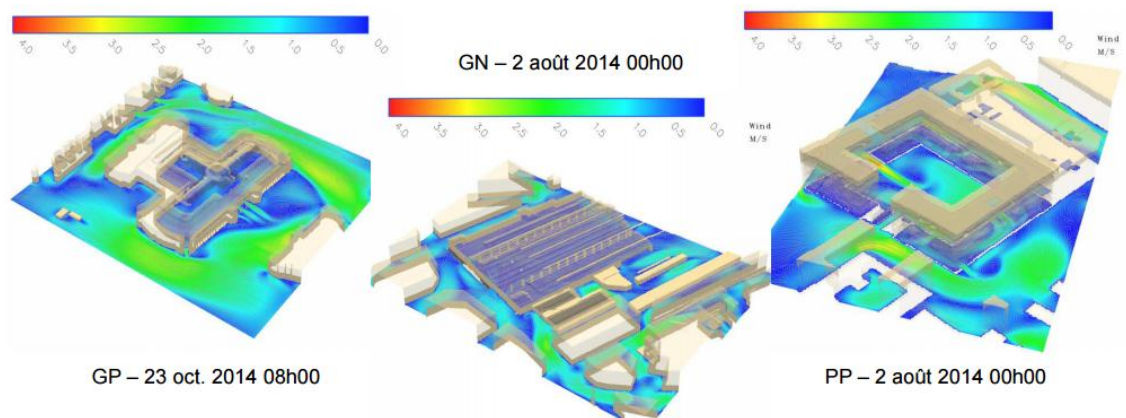


Figure 54: Résultats et performances et Simulations avec Code_SATURNE

Source : (ARMAND, 2015)

2-14. Expérimentation Autodesk Flow Design 2014 :

Design Flow a été comparé aux résultats d'une publication piéton étude de confort de Campus Coventry University Central (Fadl and Karadelis, 2013). Les effets d'une nouvelle étude évaluée bâtiment nommé "The Hub" construit. Dans le cadre de l'étude, les chercheurs de Coventry ont comparé les mesures de test physiques avec des simulations de conditions de vents communs modélisés dans ANSYS Courant.

Pour l'étude, les simulations ont été effectuées à 4 directions du vent avec un vitesse du vent profil modélisé avec des considérations de gradient hauteur, type de terrain, taux de dissipation, etc. D'autres modèles considérations pour le modèle de turbulence, les effets de paroi, etc.

Simulations en Design Flow ont été exécutés en même à 4 différents orientations et la taille du tunnel assez de minimiser les effets de paroi large. (Autodesk®, 2014)

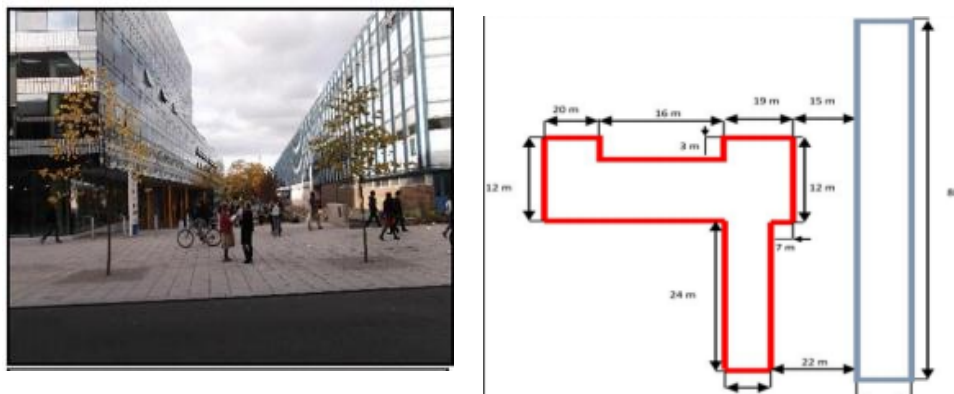


Figure 55 : Une vue de la zone piétonne et les principales dimensions des bâtiments

Source : (Fadl and Karadelis, 2013)

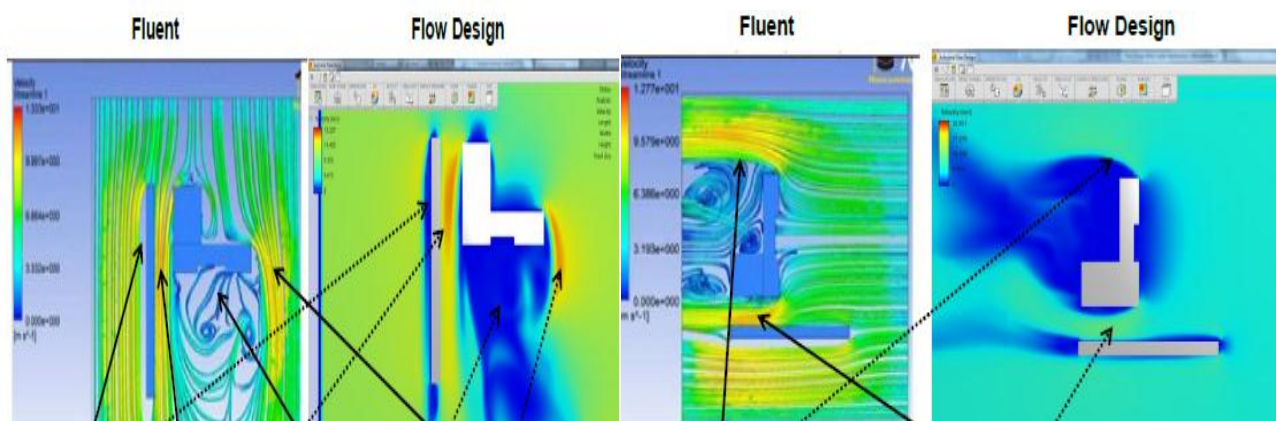


Figure 56 : Comparaisent des résultats de simulation du vent vient du nord et sud entre deux logiciels ; fluent et flow design

Source : (Autodesk®, 2014)

3. Les méthodes de recherche :

À partir de cette recherche antérieure dans ce domaine des fluides des vents on a distingué plusieurs méthode de simulation ;

Parmi les méthodes les plus anciennes la méthode de la soufflerie :

3-1.Soufflerie :

Les souffleries sont des installations (tunnels de forme circulaire, elliptique ou rectangulaire) dans lesquelles le vent est produit par des ventilateurs ou au moyen d'air comprimé afin d'étudier et de mesurer l'action de cet écoulement d'air sur un corps solide.(universalis, 2016)

Une soufflerie est essentiellement composée de quatre éléments :

- Le collecteur, ou convergent,
- La chambre d'expérience,
- Le diffuseur, ou divergent,
- Le ou les ventilateurs.(BIA)

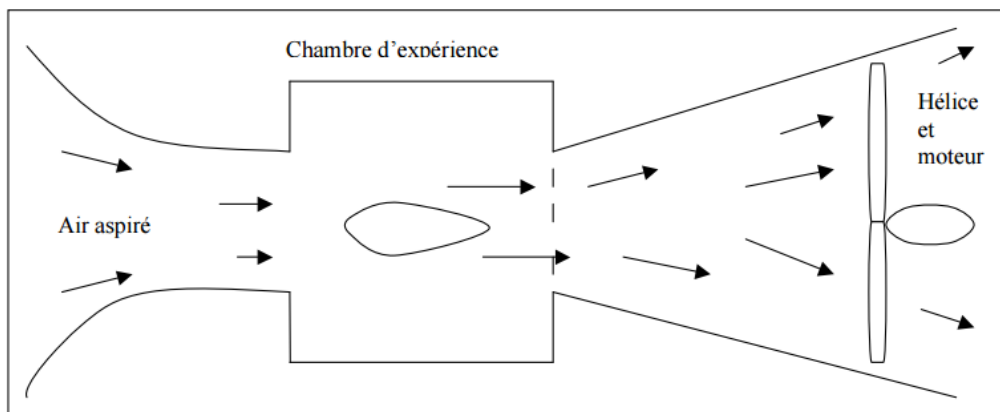


Figure 49 : Schéma descriptive d'une soufflerie

Source : (BIA)

Et d'autre méthode de simulation sous le CFD

3-2.CFD (computational fluid dynamics) :

La mécanique des fluides numériques (MFN), plus souvent désignée par le terme anglais computational fluid dynamics (CFD), consiste à étudier les mouvements d'un fluide, ou leurs effets, par la résolution numérique des équations régissant le fluide.

Simulation CFD offre des outils rapides, précis et souples pour la simulation thermique et l'écoulement des fluides afin de prévoir les performances du produit, optimiser les conceptions et valider le comportement du produit avant sa fabrication.(ER2i)

3-2-1) Urba Wind :

Est un logiciel CFD automatique de calcul du vent dans les zones urbaines. Une nouvelle version est sortie pour faciliter la gestion des projets des concepteurs et urbanistes. Parmi les développements majeurs La compatibilité avec les logiciels de simulation thermique comme Design Builder, Virtual Environment, Pléiade... Ainsi Urba Wind 2.2 permet d'évaluer la ventilation naturelle par l'extraction des coefficients de pression sur les ouvrants.(Meteodyn, 2014).



Figure 50 : Logo du logiciel Urba Wind

Source : (google)

3-2-2) Code Saturne :

Est un logiciel généraliste de Mécanique des Fluides Numérique (CFD). Il permet de modéliser les écoulements incompressibles ou dilatables, avec ou sans turbulence ou transfert de chaleur. Des modules dédiés sont disponibles pour des physiques particulières :

- combustion gaz
- combustion de charbon pulvérisé
- combustion de fioul lourd
- Transfert de chaleur par rayonnement semi-transparent
- écoulements fluide-particules par méthode Euler/Lagrange
- écoulements atmosphériques
- magnéto-hydrodynamique
- interaction rotor/stator(Louvet and Pérochon, 2013).



Figure 51 : Logo du logiciel Code Saturne

Source : (google)

3-2-3) Fluent :

C'est un logiciel de modélisation en mécanique des fluides édité par la société ANSYS.

Fluent est un logiciel qui résout par la méthode des éléments finis des problèmes de mécanique des fluides, il supporte tous les régimes d'écoulements, Euler ou visqueux, stationnaire ou non. Multiphasique, il résout simultanément les phénomènes thermiques, chimiques, multiphasiques et aérocoustiques.(ABDELJOUAD, 2014)



Figure 52 : Logo du logiciel FLUENT

Source : (google)

Les outils de logiciels fluent.

- **Gambit :**

Gambit est un logiciel de maillage non structuré édité par la société ANSYS permet également de créer une maquette numérique, ou d'importer celle-ci depuis un fichier CAO. Il assure le maillage semi-automatique des bords, des surfaces et des volumes, ainsi que la définition des conditions aux limites.(Bouyer, 2009)

3-2-4) ENVI-met :

est un modèle de microclimat non hydrostatique en trois dimensions et est capable de calculer et simuler le climat dans les zones urbaines avec une résolution de grille typique de 0,5 à 10 mètres dans l'espace et 10 secondes dans le temps. Il calcule la dynamique du microclimat au cours d'un cycle diurne [24 à 48 heures] en utilisant les lois fondamentales de la dynamique des fluides et thermo dynamique. Les variables pronostiques du programme sont la vitesse et direction du vent, température de l'air et de l'humidité, turbulence, flux radiatifs, bioclimatologie et du gaz et de la dispersion des particules. (Ozkeresteci et al.)



Figure 53 : Logo du logiciel ENVI-met

Source : (google)

3-2-5) Autodesk Design Flow :

Est un logiciel virtuel en soufflerie pour les concepteurs de produits, les ingénieurs et les architectes. Il modèles flux d'air autour des concepts de conception pour aider les idées de test au début du cycle de développement.(Design, 2016)

4. Critère et motivation du choix du logiciel :

D'après notre recherche sur les travaux antérieures de plusieurs cas d'études le logiciel proposé de l'utilisée dans notre cas de recherche est le logiciel de Autodesk Design Flow pour :

- la facilité d'utilisation du logiciel.
- la simplicité des commandes qu'an vas utiliser dans ce logiciel.
- Il est possible de simuler très rapidement un modèle de masse d'un projet et surtout de le modifier en fonction des besoins grâce au serveur qui est toujours en ligne.
- Pas tellement cher La version est à \$35.00 par mois et \$210.00 par ans.
- Les méthodes traditionnelles de calcul nécessitent un haut degré d'abstraction et ne tiennent pas compte des détails importants. Les modèles de simulation nous permettent de décrire des résultats avec Précision.

5. Autodesk Design Flow :

5-1. Autodesk Design Flow :

Simule l'écoulement de l'air autour de véhicules, bâtiments, produits de consommation, ou divers objets dans une soufflerie virtuelle.

La technologie Design Flow permet de travailler sur des géométries complexes à partir d'une interface facile à utiliser. Il facilite la compréhension du comportement de l'écoulement de l'air de façon très intuitive. (Bachelot, 2014)

5-2.Fonctionnalités d'Autodesk Design Flow :

- Visualiser rapidement et facilement l'interaction entre votre projet et le vent. Révéler les régions de haute et de basse pression dans la soufflerie virtuelle.
- Afficher des résultats de façon quasiment immédiate et explorer l'effet dans différentes conditions (orientation, intensité...).
- Utilisez vos données de conception existantes. Autodesk Design Flow lit une variété de types de fichiers CAO et d'avant-projets (avec peu ou sans préparation nécessaire).
- Obtenez des résultats au sein d'un logiciel de modélisation. Les utilisateurs de Revit et d'Inventor ont la possibilité d'utiliser Autodesk Design Flow à l'intérieur même de leur environnement de conception ; réduisant le temps de décision au cours du processus de conception.

- Visualiser les résultats de façon interactive en créant des animations de flux dynamiques 2D et 3D, sous forme de vecteur, iso-surfaces, de vitesse et de pression. (Bachelot, 2014)

5-3.La commercialisation :

Autodesk Flow Design est commercialisé sous forme de location mensuelle ou annuelle, qui intègre un service d'assistance(Bachelot, 2014)

5-4.La démonstration :

Lorsque Design Flow est ouvert, il demandera à l'utilisateur d'importer un fichier, d'utiliser un modèle de démonstration ou d'un fichier récemment ouvert.

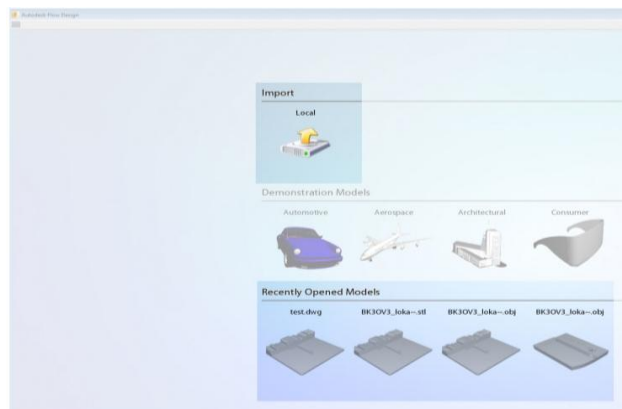


Figure 57 : Interface flow Design
Source:(TOI-Pedia, 2015)

Autodesk Flow Design permet d'importer un grand nombre de format de fichier. Si un nouveau fichier est fait usage de l'option Importer et sélectionnez le fichier .STL ou .3DM précédemment enregistré. Ex : STC-OBJ-3DS-LWO-OFF-PLY-TPF-ZTP-DWG-FBX-IPT-CATPART-CATPRODUCT-PRT-IGES-IGES-X.T-X.B

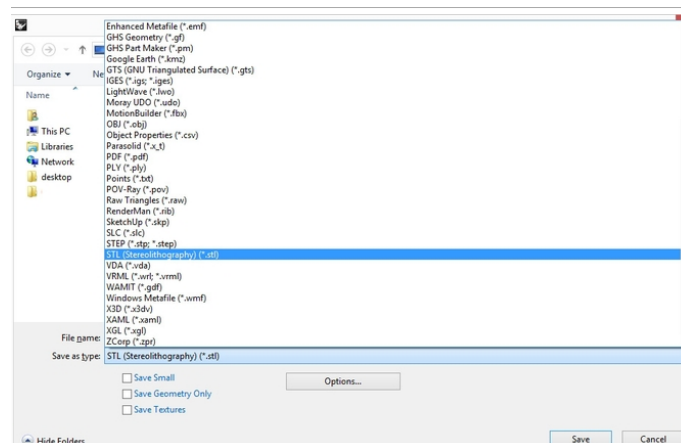


Figure 58 : les extensions de flow Design

Source : Source:(TOI-Pedia, 2015)

5-4-1) Interface Design Débit

Le programme possède une interface très simple. Il se compose op un ensemble limité de commandes et est donc également limitée dans les options de réglage fin de la simulation. L'interface se compose de :

- Un ensemble de menu déroulant est avec les commandes générales, comme l'importation et l'exportation de données.
- Une barre d'outils avec un ensemble d'icônes en rapport avec les paramètres de la simulation
- Un cube de navigation similaire à Revit pour faciliter la navigation
- Une échelle de couleur liée à la vitesse du vent
- A Head up Display des paramètres actuels de la simulation(TOI-Pedia, 2015)

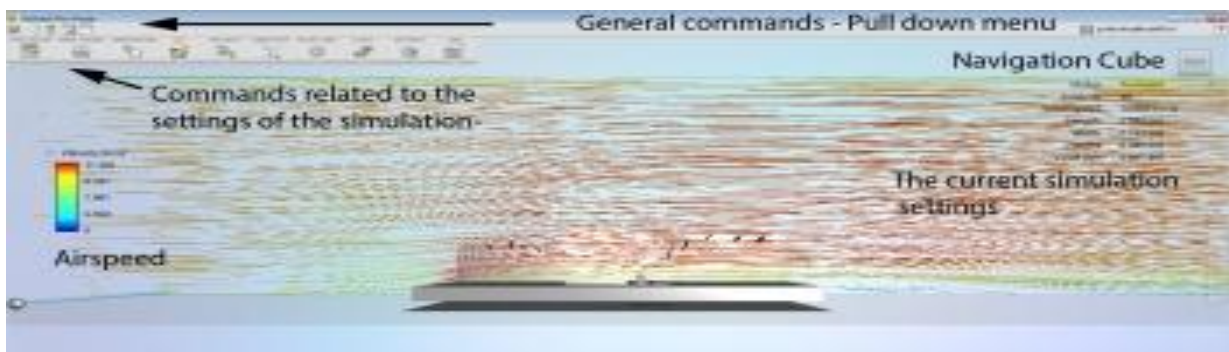


Figure 59 : les commandes de flow Design

Source : Source:(TOI-Pedia, 2015)

5-4-2) La navigation :

Il existe plusieurs façons de naviguer dans la scène. On pourrait utiliser les boutons de la souris et le clavier ou les icônes de navigation visibles dans la scène. Utilisation de la souris et du clavier.

- Pan : Déplacement dans un plan. Le bouton droit de la souris
- Zoom : weel Scroll
- Tourner autour de l'objet : bouton gauche de la souris
- Pincement ; Pour simuler un zoom de l'écran multitouche et sortir l'option sur le bouton gauche de la souris et ALT peut être utilisé.

Roulant Pour simuler une option multitouche de roulis de l'écran sur le bouton gauche de la souris et CTRL peut être utilisée.(TOI-Pedia, 2015)



Figure 60 : Icône de navigation sur flow Design

Source : Source:(TOI-Pedia, 2015)

5-4-3) Paramètres de la simulation

Les paramètres de la simulation sont limités. Ils se concentrent autour de :

5-4-3-a) La résolution de la simulation :

Cette option définit le nombre de voxels dans le récipient et donc leur size.If la résolution augmente et le conteneur reste la même taille que les voxels taille devient plus petite. Le résultat est une simulation de vent plus précis, mais aussi plus de temps de calcul.Lorsque le fichier est importé l'échelle du fichier est pris en compte (par exemple le fichier de localisation est faite MM) et la résolution est réglée sur 100.(TOI-Pedia, 2015)

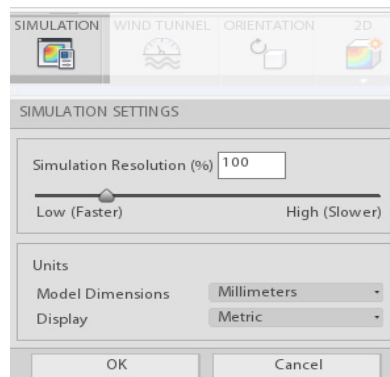


Figure 61 : Icône de résolution sur flow Design

Source :(TOI-Pedia, 2015)

5-4-3-b) Les paramètres de vent de tunnel :

La vitesse du vent peut être réglée dans ce menu. est également la seule variable qui peut être réglé en ce qui concerne les valeurs d'entrée de vent. Options pour faire le tunnel (conteneurs) manipulateurs, il est possible de changer la taille du tunnel. Taille Diminué signifie également que la taille des voxels diminuera. Dans certains cas, la simulation peut avoir des problèmes lorsque la taille du tunnel est modifiée. La simulation peut par exemple être calculée uniquement dans la partie supérieure du tunnel. Modification de la taille du tunnel à nouveau peut résoudre ce problème. (TOI-Pedia, 2015)

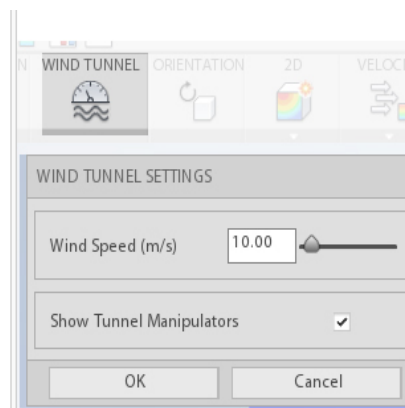


Figure 62 : Icône de la vitesse du vent sur flow Design

Source : (TOI-Pedia, 2015)

5-4-3-c) Orientation Modèle :

Lorsque le modèle est importé est placé selon les valeurs (x y z) du fichier d'origine. Le programme lui - même n'a pas déréglage réel du Nord. Cela signifie que l'utilisateur doit déterminer quelle est la direction probable du vent et ce que la direction du vent peut provoquer des problèmes. En utilisant les curseurs de l'objet sera tourné, pas le Tunnel Vent.

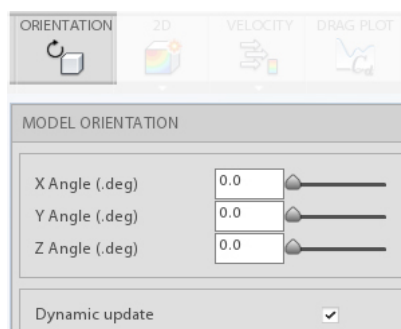


Figure 63 : Icône de l'Orientation du vent sur flow Design

Source : (TOI-Pedia, 2015)

5-4-3-d) 2D ou 3D :

Le calcul peut être fait sur un plan 2D ou un volume 3D. Dans la première option, le calcul ne prend en compte les données qui se trouvent dans le plan 2D. Les effets du vent à côté de l'avion ne sont pas intégrés dans le calcul. Cela rend plus rapide à calculer. Si l'option est sélectionnée 3D, des effets à partir d'objets hors du plan seront également pris en compte. Cela rend beaucoup plus précis, mais aussi beaucoup plus lent. (TOI-Pedia, 2015)

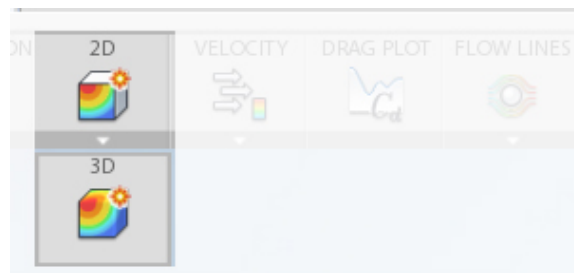


Figure 64 : Icône de 2D ou 3D du vent sur flow Design

Source : (TOI-Pedia, 2015)

5-4-3-e) Vitesse ou Pression :

Design Flow peut visualiser la vitesse du vent, mais aussi la pression du vent. La pression peut être intéressante par exemple pour voir si les vents modèles autour du bâtiment peuvent être utilisés pour la ventilation naturelle. (TOI-Pedia, 2015)

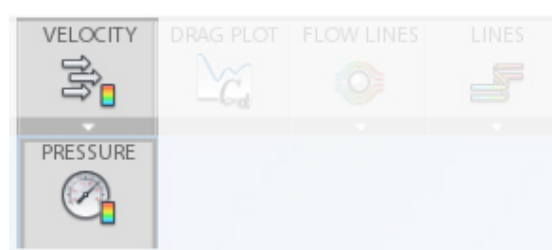


Figure 65 : Icône de Vitesse ou Pression du vent sur flow Design

Source : (TOI-Pedia, 2015)

5-3-2-f) Parcelle Drag :

Cette option est pertinente pour la mission. (TOI-Pedia, 2015)

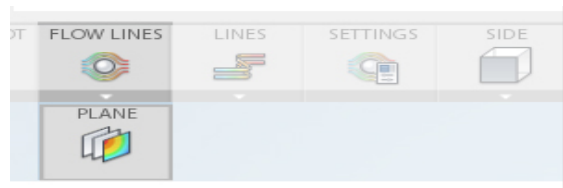


Figure 66 : Icône de Parcelle Drag du vent sur flow Design

Source : (TOI-Pedia, 2015)

5-3-2-g) Lignes de débit :

La visualisation des lignes de flux. Ceci peut être rendu visible par une série de lignes tracées sur le plan de simulation ou d'une image couleur unie projetée sur le plan de simulation. Le mouvement des conduites d'écoulement peut rendre la simulation plus facile à interpréter. (TOI-Pedia, 2015)

5-3-2-h) Lignes :

La visualisation de la vitesse du vent peut être affinée en sélectionnant l'une des options de représentation des lignes. (TOI-Pedia, 2015)



Figure 67 : Icône de La visualisation des Lignes du vent sur flow Design

Source : (TOI-Pedia, 2015)

5-3-2-i) Réglages :

Ou les réglages des lignes individuelles eux-mêmes peuvent être modifiés en apparence. (TOI-Pedia, 2015)

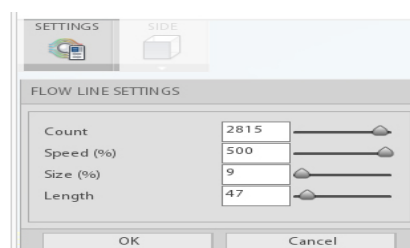


Figure 68 : Icône des réglages du vent sur flow Design

Source : (TOI-Pedia, 2015)

5-3-2-j) Side ou Haut :

Le côté ou de l'option supérieure définit si le plan de simulation est placé horizontalement ou verticalement .La localisation peut être modifiée en faisant glisser la sphère au niveau du bord du tunnel. (TOI-Pedia, 2015)

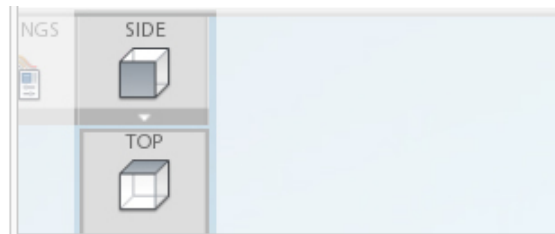


Figure 69 : Icône de localisation du vent sur flow Design

Source : (TOI-Pedia, 2015)

5-3-2-k) Enregistrer une simulation :

Dans le menu Fichier il y a une possibilité d'enregistrer une image ou vidéo de la simulation. (TOI-Pedia, 2015)

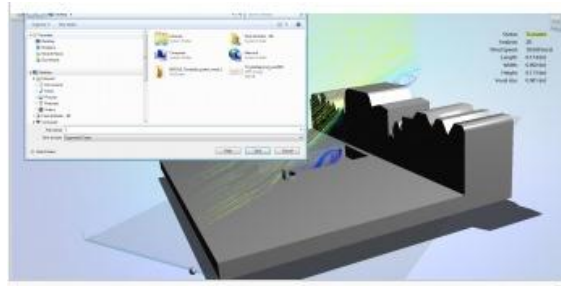


Figure 70 : interface d'enregistrement sur flow Design

Source : (TOI-Pedia, 2015)

6. Conclusion :

Nous avons aboutis à travers notre recherche a utilisé la méthode de simulation numérique qui nous dispense de l'ancienne méthode qui est la soufflerie.

Le système CFD englobe plusieurs logiciels de simulation numérique. La méthode actuelle est plus fiable et plus performante AUTODESK FLOW DESIGN rallie les différents paramètres concernant le vent a savoir sa direction, sa vitesse et sa durée.

Chapitre 4 : Présentation Du Cas D'étude

3. Climat de Tébessa :

3-1.Aspect climatologique

La wilaya de Tébessa est une zone de transition météorologique qui se distingue par 04 étages bioclimatiques :

3-1-1. Le subhumide : (400-500mm/an), peu étendu, il ne couvre que quelques ilots limités aux sommets de quelques reliefs, Djebel serdies et djebel bouroumane,

3-1-2. Le semi-aride (300 à 400 mm/an) représenté par les sous étages frais et froids, couvre toute la partie nord de la wilaya,

3-1-3. Le Sub-aride (200 à 300 mm/an) couvre les plateaux steppiques de Oum Ali, Safsaf El Ouesra, thlidjen et Bir El Ater.

3-1-4. L'aride ou Saharien, doux (-200mm/an), commence et s'étend au-delà de l'Atlas Saharien et couvre les plateaux Sud de Negrine et de Ferkane. (Station météorologique Tébessa ,2014)

3-2.Climatologie de la région

Les données climatologiques de la wilaya de Tébessa de la période 2000 à 2014 .La zone d'étude se caractérisent par un climat semi-aride, avec des étés chauds et secs et des hivers froids rigoureux. (Station météorologique Tébessa ,2014)

Tableau 3 : Moyennes des précipitations, des températures et de l'humidité

sur 15 ans : période 2000 à 2014

Source : (station météorologique Tébessa ,2014)

Mois Paramètres	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	moy
P (mm)	32,7	22,3	29,3	41,2	37,9	25,9	19,2	26,9	47,9	34,3	34,3	39,6	32,6
T °c max	19,7	21,1	26,1	29,5	33,8	38,9	41,2	40,6	36,4	31,3	24,9	21,0	30,3
T °c min	- 3,2	- 2,7	- 1,6	2,0	5,3	9,4	13,7	13,9	9,9	5,3	1,2	- 2,1	4,2
T °c moy mensuelle	6,7	7,4	11,2	14,6	19,0	24,1	27,6	26,8	22,0	18,2	11,9	7,9	16,4
Humidité moyenne mensuelle %	74,5	70,0	65,1	62,4	58,5	49,2	43,3	46,3	63,6	63,4	69,9	73,0	61,6

3-2-1.Pluviométrie

La zone d'étude a reçu une moyenne sur 15 ans (2000-2014) de 391,5 mm de pluie par an. Les précipitations sont relativement faibles. Elles varient entre 200 et 600 mm. La saison sèche est pratiquement la saison d'été : Juin, Juillet et Août avec une exception aussi pour le mois de Février des années 2000, 2002, 2004, 2008 et 2010.

Les années pluvieuses des 15 dernières années (2000-2014) sont 2002, 2003, 2004, 2005, 2009 et 2011, où la pluviométrie a dépassé les 400 mm. Les années de sécheresse sont 2001, 2006 et 2013 respectivement avec une pluviométrie annuelle de 217,5 mm, 282,6 mm et 292 mm. (Station météorologique Tébessa ,2014)

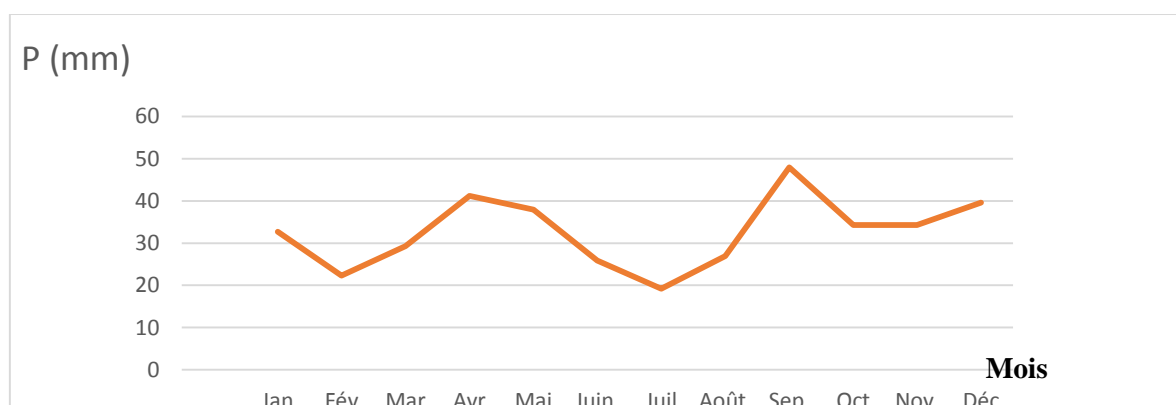


Figure 72 : graphe de la moyenne mensuelle des précipitations sur 15 ans. Période 2000 à 2014

Source : (Station météorologique Tébessa ,2014)

3-2-2.Températures :

Le tableau révèle que la saison froide s'étale de Janvier à Avril et de Novembre à Décembre soit 06 Mois de froid dans l'année avec des piques des minimas de - 3,2 °C observés au Mois de Janvier. La saison chaude s'étale de Mai à Octobre avec des températures élevées aux Mois de juillet et Août, avec des piques de plus de 27,6 °C. (Station météorologique Tébessa ,2014)

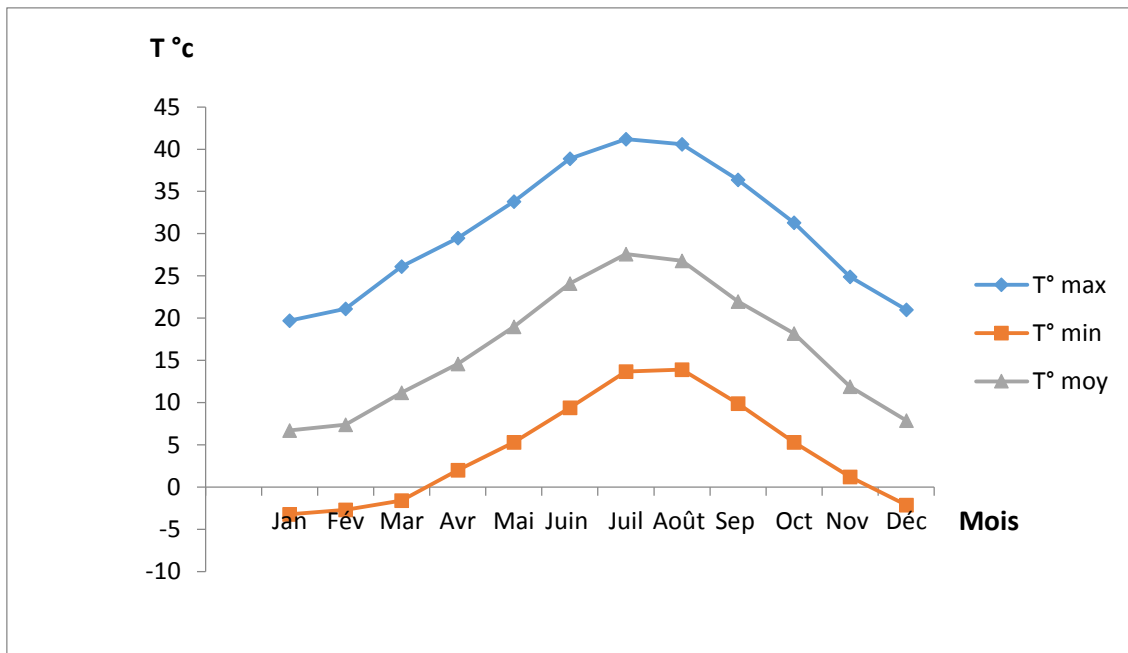


Figure 73 : Graphe des variations mensuelles des températures maximales, moyennes et minimales sur 15 ans. Période 2000 à 2014

Source : (Station météorologique Tébessa ,2014)

3-2-3.Humidité

Il va de soi que plus la température n'augmente, l'hygrométrie de l'air descend. C'est pour cette raison que la saison froide enregistre des taux d'humidité en conséquence. (Station météorologique Tébessa ,2014)

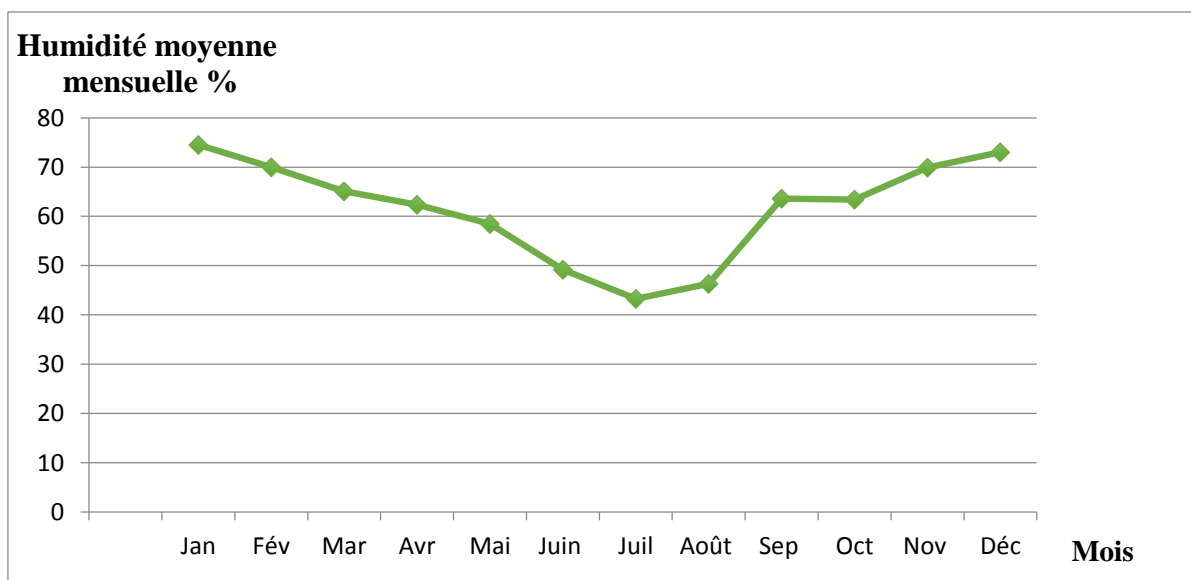


Figure 74 : Graphe d'Humidité moyenne mensuelle sur 15 ans. Période 2000 à 2014

Source : (Station météorologique Tébessa ,2014)

3-2-4.Neige :

Tableau 4: Moyennes mensuelles de nombre de jours de neige sur 15 ans. Période 2000 à 2014

Source : (Station météorologique Tébessa ,2014)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Jours	0,6	0,8	0,6	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,6

Les mois de Janvier, Février, Mars, Avril et Décembre sont la période où la neige est fréquente. Source : (Station météorologique Tébessa ,2014)

3-2-5.Gelées :

Tableau 5 : Nombre de jours de gelée sur 15 ans. Période 2000 à 2014

Source : (Station météorologique Tébessa ,2014)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Jours	15	12	8	4	1	0	0	0	0	0	5	12

Les mois de Novembre à Avril représentent la période où les gelées sont fréquentes. Les gelées sont un facteur limitant pour la végétation. Les gelées tardives peuvent causer des dégâts importants sur la période de floraison des plantes notamment l'arboriculture. (Station météorologique Tébessa ,2014)

3-2-6.Vents :

Tableau 6 : des fréquences des vents : Année 2014

Source : (Station météorologique Tébessa ,2014)

Classe m/s	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
1-5	1,05	1,18	1,16	1,27	1,58	1,52	1,55	1,35	1,36	1,17	1,30	2,18	16,67
6-10	1,79	1,76	2,50	2,34	2,31	1,72	2,02	1,44	1,08	1,37	1,45	1,37	21,15
11-15	0,76	0,75	1,03	0,55	0,27	0,72	0,14	0,00	1,14	0,18	0,39	0,26	6,19
16-20	0,13	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,36
>=20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02
Total	3,7	3,7	4,9	4,2	4,2	4,0	3,7	2,8	3,6	2,7	3,1	3,8	44,4

Tableau 7 : les donnes climatiques en détails : Année 2014

Source : (Station météorologique Tébessa ,2014)

Année 2014	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Précipitation	47	57.2	39.2	24.6	27.8	2.1	3.5	35.5	41	51.9	13	2.6
Moy T°	5.9	4.1	10.5	14.4	19.3	27.1	28.8	29	22.7	19.5	14	8.5
T° Max	17	16.4	23.8	31	34	41	43.5	42.1	35.6	33	24	24.6
T° Min	-6	-4	-0.2	-0.7	5.3	11.2	12	14.5	9.5	3	-0.6	-2.5
Humidité	81.4	82	74.8	64	60.8	46.5	44.7	38.4	56.9	83.3	71	73.1
Vent Max	340/30	300/26	20/26	140/25	26/37	230/21	80/30	20/26	20/24	300/26	140/2	300/23
Vent Moy	3.4	3.8	3.5	4.4	3.3	3.3	3.4	2.7	3	2.9	3	3.4
Humidité Max	76	73	67	62	61	50	45	47	61	66	70	78
Humidité Min	61	56	51	48	44	39	35	38	47	53	58	60

La zone d'étude reçoit dans la majorité du temps des vents modérés qui soufflent du : Ouest – Nord – Ouest de Novembre à avril et des vents du Sud plus significatifs de Mai à Juillet. Le sirocco, vent très chaud et sec, présente un caractère agressif .Il se manifeste en moyenne pendant 10 à 15 jours par an, notamment au cours du mois de juillet et d'août et quelques fois même durant le printemps entre avril et juin. La vitesse maximale prédominante est celle de la classe 6 à 10 m/s. (Station météorologique Tébessa ,2014)

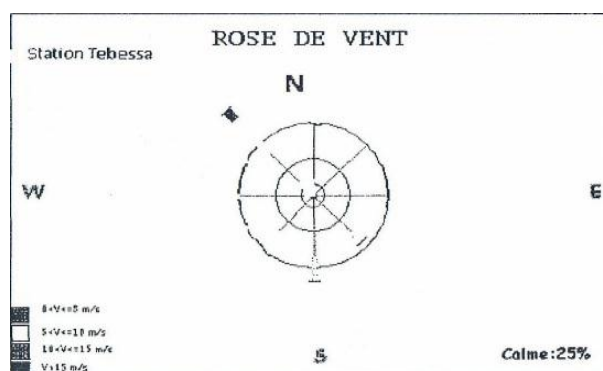


Figure 75 : la rose des vents

Source : (Station météorologique Tébessa ,2014)

4. Présentation du cas d'étude :

4-1. La Cité Thevet (centre-ville) :

Située au centre-ville de la ville de Tébessa côté sud-ouest de l'ancienne Theveste (rempart), la cité Theveste est parmi les plus anciens quartiers d'habitat collectif. Elle a été construite durant la période de 1990.

Ce quartier d'habitat collectif se compose de (17) bâtiments dont quatre (04) surélevés sur une hauteur de R+3 et le reste ayant une hauteur de R+4. L'ensemble est organisé sous forme d' (U) formant ainsi un espace central servant d'aire de stationnement et terrain de sport.

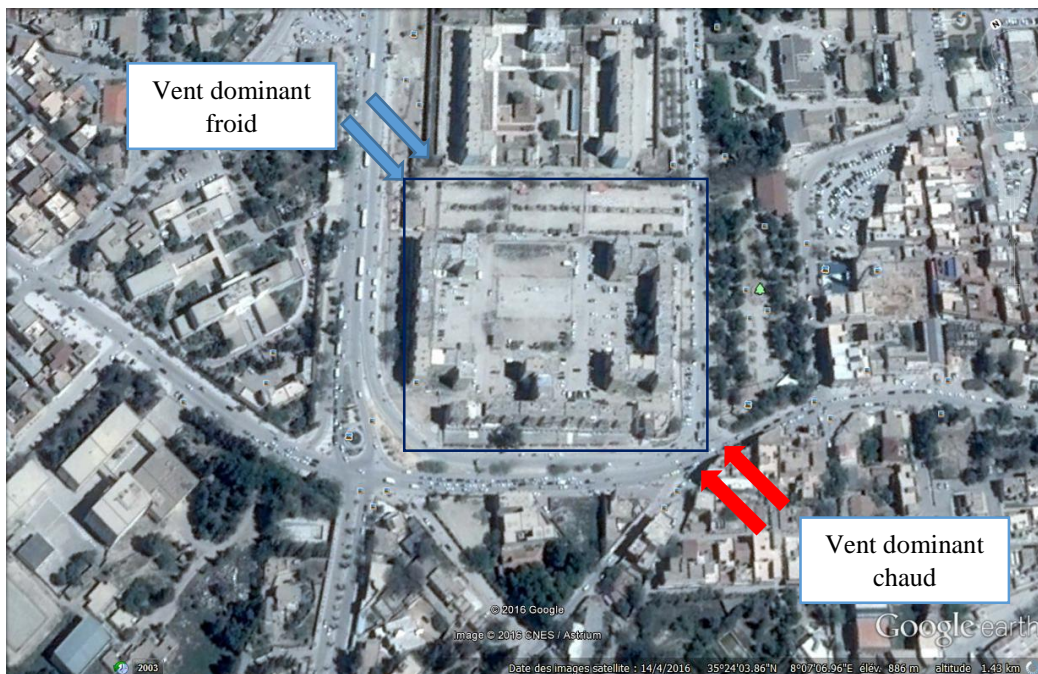


Figure 76 : les limites du cas d'étude

Source : Google Earth 2016 consulté le 13/05/2016



Figure 77 : vue de façade sud-ouest

Source : Auteur



Figure 78 : vue de façade Nord -ouest

Source : Auteur



Figure 79 : vue de façade Nord -ouest

Source : Auteur



Figure 80 : des vues intérieures de la géométrie urbaine

Source : Auteur

5. Conclusion :

A travers le présent cas d'étude que la ville de Tébessa représente un carrefour entre les vents du nord et les vents du sud tout en déterminant les différents effets affectant la cité Theveste voire le microclimat y afférant.

Partie pratique

Chapitre 5 : la simulation numérique

1- Introduction :

La simulation entre plusieurs intervenants est une tâche ardue et très complexe, mais elle est primordiale lorsqu'on veut analyser les effets du microclimat sur le confort thermique en espace extérieur.

Cerner le vent comme paramètre climatique avec ses effets sur le terrain exige des outils de simulation appropriés. Notre expérimentation a été effectuée à l'aide du logiciel Autodesk flow design.

2- Création du modèle :

L'utilisation de la conception de flux est relativement simple. Le logiciel fournit une soufflerie virtuelle où les modèles réalisés dans d'autres programmes 3D peuvent être importés.

comme une première étape : En a réaliser la géométrie sous forme de 2D avec le logiciel Autocad 2015 puis en a sauvegarder sous l'extension (dxf) .

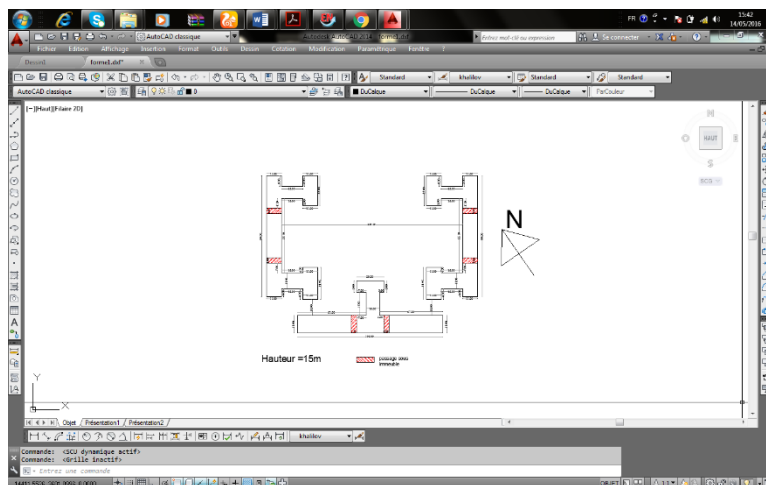


Figure 81 : l'état de de lieu du cas d'étude avec le logiciel Autocad 2015

Source : Auteur

Deuxième étape : en a utiliser le logiciel Archicad 14 pour exporter le fichier Autocad de la forme géométrique 2D sous extension (dxf) dans cette étape en a réaliser le 3D de la géométrie urbaine avec une auteur de 15m comme l'état de lieu qu'an a relevée de la cité Theveste puis en a sauvegarder le fichier sous l'extension (dwg) .

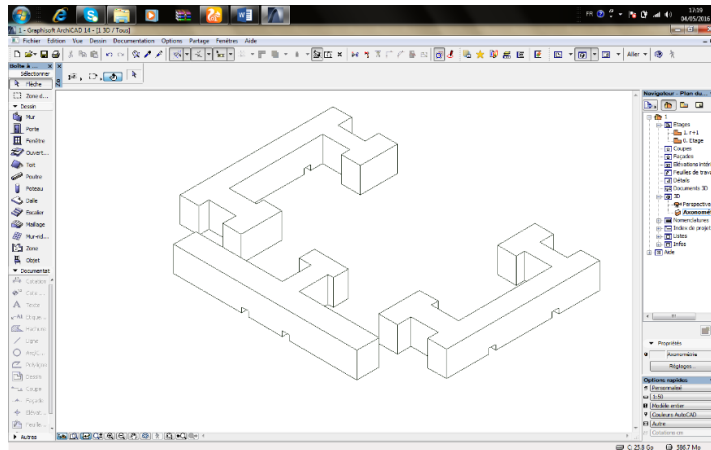


Figure 82 : La Géométrie Urbaine du cas d'étude avec le logiciel Archcad 14

Source : Auteur

Après l'installation du logiciel Autodesk flow design sous les étapes qui sont fournis par le site officiel de l'Autodesk .com.

Troisième étape : en a importer le fichier du 3D de la géométrie urbaine sur le logiciel Autodesk flow design. Maintenant en peut voir la géométrie sur l'interface du flow design.

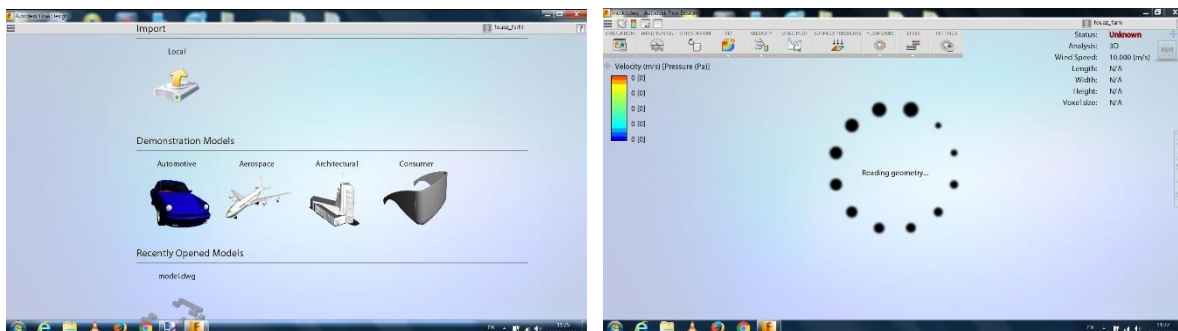


Figure 83 : interface du flow design avec la géométrie du cas d'étude

Source : auteur

Quatrième étape : Tourner l'emplacement dans une orientation utile Le tunnel de vent fixe donc l'objet doit être tourné changer la direction du vent. Utilisez l'Orientation option pour cela.

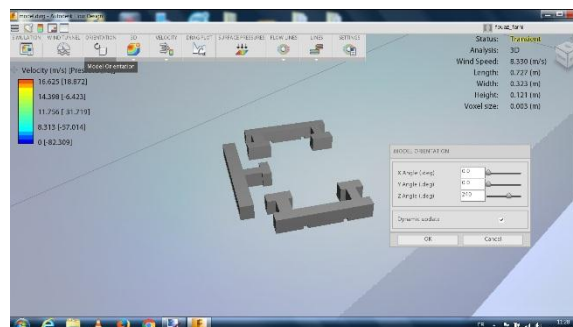


Figure 84 : interface du flow design avec la géométrie du cas d'étude et l'icône d'orientation

Source : auteur

Cinquième étape : pour modifier la taille de la soufflerie Cela peut être fait en utilisant le Paramètres soufflerie icône qui vous donne accès au menu. Dans la partie inférieure du menu l'option est disponible pour Voir Wind Tunnel Manipulateurs En faisant glisser les flèches du tunnel sera changé en taille.

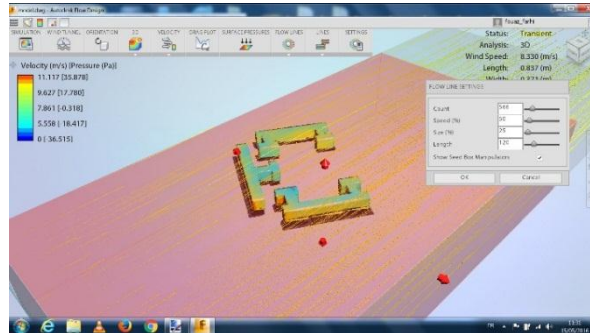


Figure 85 : interface du flow design avec la géométrie du cas d'étude et Wind l'icône Tunnel Manipulateurs

Source : auteur

Sixième étape : La vitesse du vent peut être modifiée dans les Paramètres Vitesse du vent

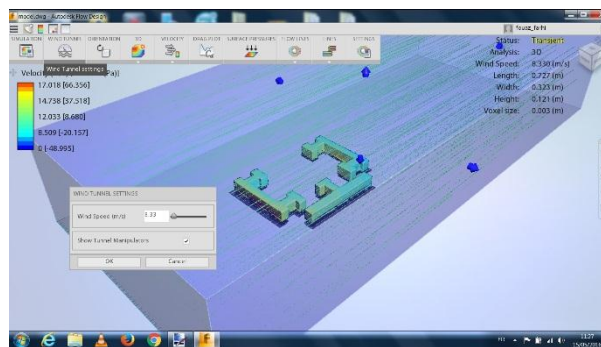


Figure 86 : interface du flow design avec la géométrie du cas d'étude et l'icône Vitesse du vent

Source : auteur

Septième étape : Dans les paramètres de simulation les valeurs peuvent être modifiées de sorte quelles diminutions de taille de voxel et sa précision augmente.

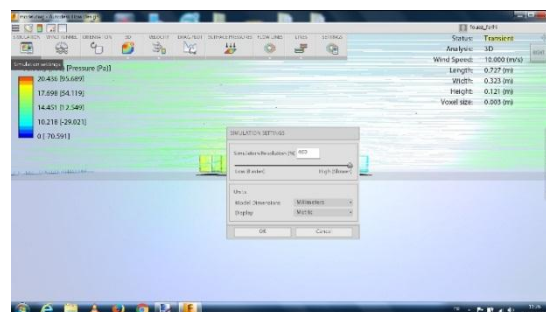


Figure 87 : interface du flow design avec la géométrie du cas d'étude et l'icône Vitesse du vent

Source : auteur

Huitième étape : Dans le menu Fichier il y a une possibilité d'enregistrer une image ou vidéo de la simulation.

3- La simulation :

Nous avons procédé à une série de simulation numérique a l'aide du logiciel flow design qui assure la modélisation et le calcul

Dans notre cas de recherche les paramètres variables se sont les conditions climatiques précisément le facteur vent par ce que le logiciel demande seulement la vitesse et l'orientation du vent.

Lors de l'étude du quartier on a remarqué que les immeubles d'habitation on une architecture et volumétrie simple bloc sous forme de (T) et deux bloc sous forme (U) , d'une hauteur h=15m

En a proposer 4 scénarios de recherche suivant les quatre saisons de l'année selon le Tableau des fréquences des vents d'Année 2014 en a utiliser le paramètre vent avec la valeur maximal du vent dans chaque saison qu'an va montrer dans le tableau suivant :

Tableau 8 : des fréquences des vents d'Année 2014 (4 saison) la valeur maximale

Source : (Station météorologique Tébessa ,2014)

Mois	Orientation	Vitesse m/s
Janvier	340°	8.33
Mai	26°	10.27
Juillet	80°	8.33
Octobre	300°	7.22

4- Interprétation de la simulation :

4-1- Scenario 1 :

Tableau 9 : valeur maximale du vent ; mois de Janvier d'Année 2014

Source :(climatologique, 2014)

Hiver	Orientation	Vitesse m/s
Janvier	340°	8.33

Le schéma ci-dessous donne l'écoulement horizontal du vent du sol à l'aide des courbes iso-vitesses montrant le mouvement du vent.

Au parcours des vitesses du vent, on remarque que la dégradation des couleurs atteste la variation de l'écoulement du vent

- (1) montrent qu'en plus de la zone de survitesses, l'effet de coin conduit à un gradient horizontal de vitesses très important, ce qui est particulièrement inconfortable pour les piétons.
- (2) le vent en s'écoulant de l'ouverture (A) crée un effet venturi en sortant avec une vitesse importante.
- (3) Le plan ci-dessus montre bien que l'effet d'écoulement tourbillonnaire au pied des bâtiments élevés aussi en peut le voir dans une coupe verticale dans la figure ci-dessus.



Figure 88: Parcours d'écoulement du vent moi de Janvier au niveau du sol

Source : Auteur

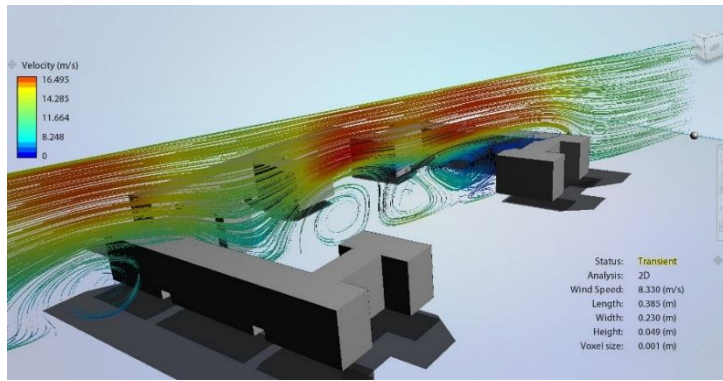


Figure 89: Parcours d'écoulement du vent moi de Janvier au niveau de coupe

Source : Auteur

4-2- Scenario 2 :

Tableau 10: valeur maximale du vent ; mois de Mai d'Année 2014

Source :(climatologique, 2014)

Printemps	Orientation	Vitesse m/s
Mai	26°	10.27

En plus des effets générés dans les cas précédant en constate un nouvel effet

(4) lié à la disposition en couloir entre les deux blocs créant une sorte de canal de vent.

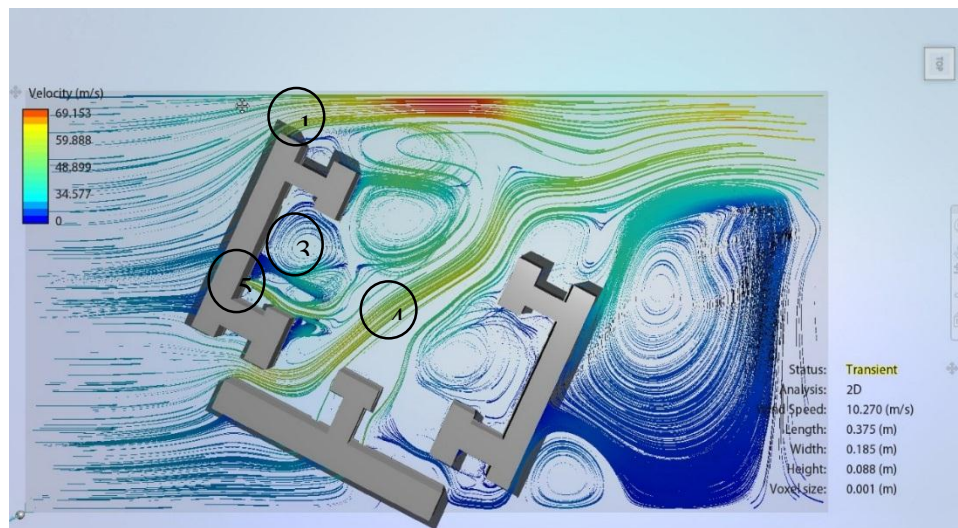


Figure 90: Parcours d'écoulement du vent moi de Mai au niveau du sol

Source : Auteur

Le schéma ci-dessous donne l'écoulement horizontal du vent au de la 15 m à l'aide des courbes iso-vitesses montrant le mouvement du vent. En remarque que la vitesse de vent augmente en altitude

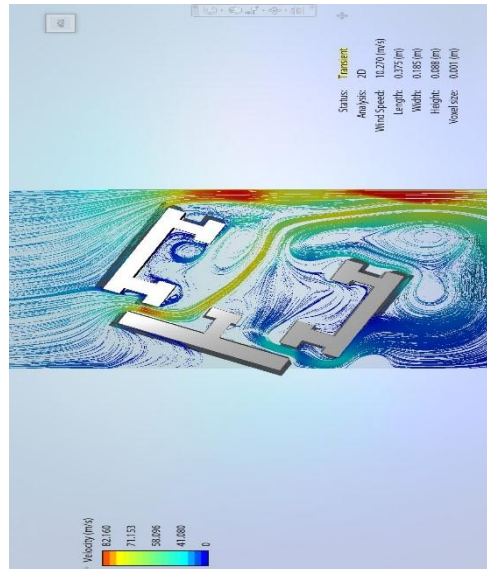


Figure 91: Parcours d'écoulement du vent moi de Mai au niveau du 15m

Source : Auteur

(5) Les résultats de simulation montrent que la vitesse du vent augmente lorsque ce dernier traverse le passage ; c'est l'effet de passage sous Immeuble

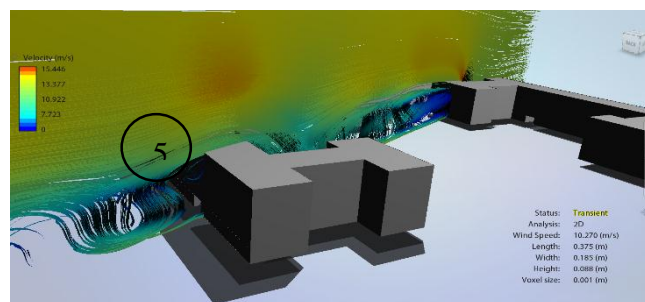


Figure 92: Parcours d'écoulement du vent moi de Mai au niveau de coupe

Source : Auteur

4-3- Scenario 3 :

Tableau 11: valeur maximale du vent ; mois de Juillet d'Année 2014

Source :(climatologique, 2014)

Eté	Orientation	Vitesse m/s
Juillet	80°	8.33

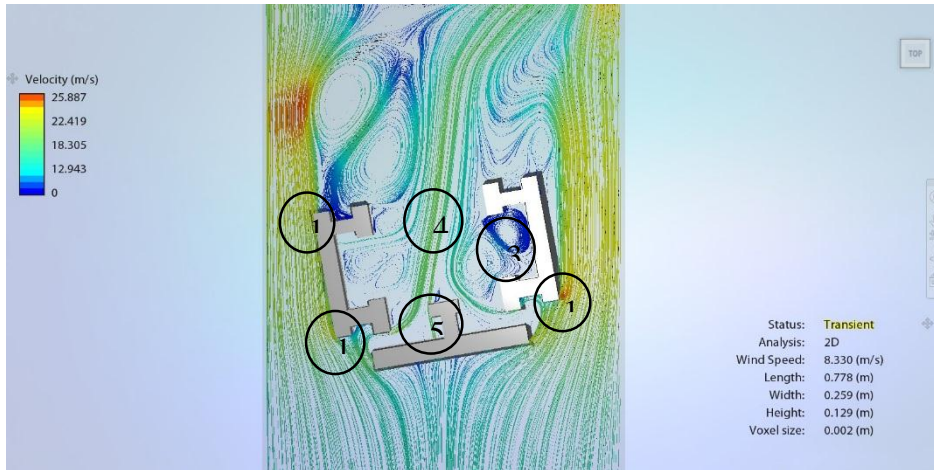


Figure 93: Parcours d'écoulement du vent moi de Juillet au niveau du sol

Source : Auteur

4-4- Scenario 4 :

Tableau 12: valeur maximale du vent ; moins de Octobre d'Année 2014

Source :(climatologique, 2014)

Automne	Orientation	Vitesse m/s
Octobre	300°	7.22

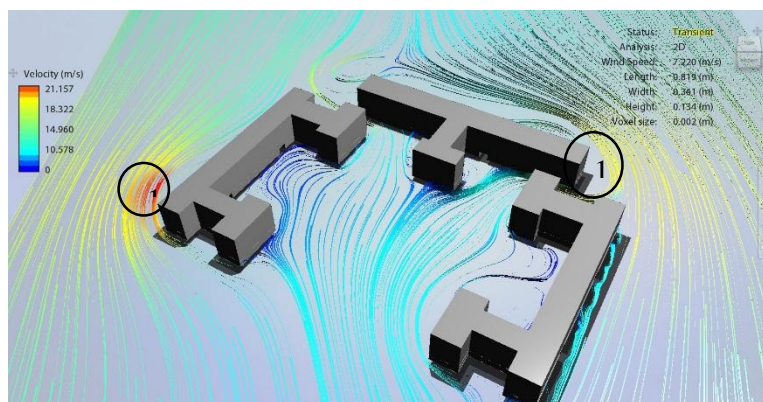


Figure 94: Parcours d'écoulement du vent moi d'Octobre au niveau du sol

Source : Auteur

Dans le présent scenario on constate que les effets du vent même s'ils existent ; ils ont diminué, et ce est dû à la direction ainsi que la vitesse du vent.

N.B : Nous remarquons que plusieurs effets se répètent dans différent scenarios.

5- Conclusion :

Nous avons abordé dans notre étude le côté pratique de notre thèse et ce à travers l'utilisation d'une simulation numérique qui a permis de dégager les phénomènes suivants dus au vent touchant la géométrie urbaine à savoir :

-l'effet coin

-l'effet venturi

-l'effet tourbillonnaire.

-l'effet de passage sous immeuble

-l'effet de canalisation.

Conclusion générale

Conclusion :

L'actuelle recherche a traité l'impact de la configuration urbaine sur l'écoulement du vent.

Notre recherche était divisée en deux parties, l'une théorique contenant des chapitres détaillés concernant le phénomène vent depuis son origine à ses effets sur les différents cas de configuration urbaine, et de son influence sur le confort extérieur, suivit des études expérimentales antérieures ainsi que les méthodes différentes de recherche utilisant des logiciels divers.

La seconde partie était consacrée à l'étude pratique prenant en compte notre cas précis de la cité Theveste en utilisant Autodesk Flow design comme choix de logiciel de simulation numérique.

L'interprétation des différents résultats de la simulation numérique a permis de mieux comprendre le phénomène d'écoulement du vent dans la cité en différentes périodes et de mieux cerner les niveaux de gêne dans les espaces extérieurs aux alentours et à l'intérieur des bâtiments de la cité, aussi que de dégager quelques recommandations pour mieux optimiser le confort urbain, tels que :

Les Recommandations Architecturales Et Urbaines :

En matière d'effet de canalisation nous conseillons :

- d'introduire des éléments poreux (écran végétal) le long de la canalisation pour freiner l'ampleur du vent.
- à proximité des bâtiments élevés ; faire en sorte pour que les canalisations soient obliques par rapport aux vents dominants.
- séparer les bâtiments qui constituent la canalisation.
- créer des décrochements intercalaires entre les bâtiments.

En matière d'effet de coin nous recommandons

- d'arrondir les angles aux niveaux des bâtiments pour diminuer la variation des vitesses.
- ceinturer le bâtiment par un élément de hauteur moins élevée : socle avancé au niveau du rez de chaussée.
- densifier l'environnement immédiat par des constructions moins élevées.

En matière d'effet sous immeuble, on peut recommander les conseils architecturaux essentiels :

- protéger le passage sous immeuble par un écran végétal d'une hauteur au moins égale à la distance qui le sépare de l'entrée du passage.
- créer un espace supérieur dans le couloir et ce pour diviser la force des vents.

En matière d'effet venturi :

- -diminuer la hauteur des bâtiments.
- -décaler les bâtiments de manière à éviter l'angle d'incidence du vent dominant.
- Prévoir des éléments poreux pour ralentir l'intensité des vents

En matière d'effet tourbillonnaire nous conseillons :

- la diminution des hauteurs des bâtiments en intégrant des toits avec versants inclinés dans la direction du vent dominant.
- créer des écrans poreux sur les façades pour casser les tourbillons.

A noter que les autres effets ont été déjà traités dans un chapitre précédent et en détails.

Abstract:

Our research has as object the effect of urban configuration on flow wind

A detailed study has been effectuate on the wind as phenomenon and his effects on the exterior comfort.

Considering that, the wind is a determining factor in the success or failure of vital public space, and representing a noticeable element of microclimate, we proceeded to the study of this phenomenon and its detailed effects on urban configuration.

We noted also that the urban geometry can also modify the effects of wind phenomenon.

Through a detailed technical study of the wind as a phenomenon and an experimental approach carried out by numerical simulation by use of Autodesk flow design.

We have produced tangible results identifying wind phenomenon and its impact on the external environment, as we have determined that any change to the urban configuration can counteract the harmful effects of wind and optionally remedy

From the foregoing we advocate establishing an adequate urban configuration to improve urban comfort and to conduct preliminary studies regarding the area.

Keywords:

Impact -Wind- urban configuration- comfort – Simulation- Collective habitat

Liste Des Figures :

Figure 1 : Anticyclones (A) et Dépressions (D) et mouvements de l'air	15
Figure 2 : la couche limite atmosphérique.	16
Figure 3 : schéma des mouvements de convection	18
Figure 4: schéma Effet de la force de Coriolis sur la direction des vents	19
Figure 5: schéma des courants-jets.....	20
Figure 6: schéma des vents dominants	20
Figure 7 : schéma La rose des vents.....	24
Figure 8: La canopée urbaine au niveau de la ville.....	26
Figure 9 : Profil moyen de la vitesse horizontale du vent dominant en site homogène et en site urbain	27
Figure 10: Impact du tracé des rues et de l'implantation des bâtiments sur leur ventilation. ..	30
Figure 11 :Rue de type canyon avec un rapport d'aspect W / H supérieur à 2,5 (rugosité isolée), compris entre 1,54 et 2,5 (Interférence de sillage), et inférieur à 1,54 (rasant) ...	31
Figure 12 : la structure de l'écoulement autour de cubes dans un flux turbulent. A : recirculation latérale, B : recirculation de toiture, C :, D : bulle de sillage.	32
Figure 13 : Schéma Des Formes Bâties	32
Figure 14 : Schéma Effet De Coin	33
Figure 15 : Schéma Effet De Tourbillon Amont.....	33
Figure 16 : Schéma Effet De Sillage Et De Rouleau Aval.....	34
Figure 17: Schéma Effet De Trous Et Pilotis Sous Immeuble	34
Figure 18: Schéma Effet De Barre	35
Figure 19 : Schéma Effet de liaison	35
Figure 20 : Schéma Effet Wise.....	36
Figure 21 : Schéma Effet venturi	36
Figure 22 : Schéma Effet de canalisation.....	37
Figure 23 : Schéma Effet de maille	37
Figure 24 : Schéma Effet agora.....	38
Figure 25 : Schéma Effet pyramide.....	38
Figure 26 :Configuration-1- Effet Coin	40
Figure 27 :Configuration-2- Effet Coin	41
Figure 28 :Configuration de L'effet de cisaillement.....	42
Figure 29 :Configuration L'effet de passage sous immeuble	43
Figure 30:Configuration de l'effet rouleau tourbillonnaire.....	45
Figure 31 :Configuration de l'effet Venturi	47
Figure 32:Configuration de l'effet Wise	48
Figure 33:Configuration de l'effet de double coin.....	49
Figure 34:Configuration de l'effet de bâtiments en quinconce.....	50
Figure 35:Configuration de l'effet de canalisation linéaire	51
Figure 36 : effet ce la force du vent sur des piétons ayant positions diverses.....	57
Figure 37 : le vent dans toutes les échelles	58
Figure 38 :resultat de simulation urbaine sur la ville de jijel algerie avec le logiciel envi.met 3.1beta4.....	60

Figure 39: coupe longitudinale montrant les gradients de la vitesse d'air (m/s) enregistrés sous les volumes des trois modèles testes la région Gourara Algérie Gourara Algerie avec le logiciel Fluent Ansys	61
Figure 40: La configuration initiale du quartier des orangers et quartier Belaid Belgassem ; la ville d'Annaba et le domaine de simulation avec le logiciel Fluent Ansys	62
Figure 41 : résultats de Ecoulement de l'air pour une vitesse de 2m/s a une hauteur h=1.5m	62
Figure 42: principeaux modes de vibration d'une tour	63
Figure 43: Schéma d'aerodynamiques des tabliers de pont	64
Figure 44: Schéma du quartier de la Défense Paris.....	65
Figure 45 : résultats de quelques cas de simulation	66
Figure 46: Maquette de l'environnement bâtis à l'échelle de 1/200 du centre des Halles à Paris.....	67
Figure 47: Etude en soufflerie des actions du vent sur le canopée des halles de Paris	67
Figure 48: Schéma du stade Mans en France	68
Figure 49: Schéma des résultats des points du vent	69
Figure 50: Schéma des résultats de simulation de quartier Niigata Japon	69
Figure 51: Maillage non structuré réalisé par le CERFACS sur la zone de Roissy-CDG	70
Figure 52: Champ de vent moyen obtenu par simulation	70
Figure 53: Présentation des cas des simulations Photos et maquettes numériques.....	71
Figure 54: Résultats et performances et Simulations avec Code_SATURNE.....	71
Figure 55 : Une vue de la zone piétonne et les principales dimensions des bâtiments.....	72
Figure 56 : Comparaisent des résultats de simulation du vent vient du nord et sud entre deux logiciels ; fluent et flow design.....	72
Figure 57 : Interface flow Design	78
Figure 58 : les extensions de flow Design.....	78
Figure 59 : les commandes de flow Design	79
Figure 60 : Icone de navigation sur flow Design	80
Figure 61 : Icone de résolution sur flow Design	80
Figure 62 : Icone de la vitesse du vent sur flow Design	81
Figure 63 : Icone de l'Orientation du vent sur flow Design.....	81
Figure 64 : Icone de 2D ou 3D du vent sur flow Design	82
Figure 65 : Icone de Vélocité ou Pression du vent sur flow Design	82
Figure 66 : Icone de Parcelle Drag du vent sur flow Design	83
Figure 67 : Icone de La visualisation des Lignes du vent sur flow Design.....	83
Figure 68 : Icone des réglages du vent sur flow Design	83
Figure 69 : Icone de localisation du vent sur flow Design.....	84
Figure 70 : interface d'enregistrement sur flow Design.....	84
Figure 71 : carte de la willaya de Tébéssa	86
Figure 72 : graphe de la moyenne mensuelle des précipitations sur 15 ans. Période 2000 à 2014.....	88
Figure 73 : Graphe des variations mensuelles des températures maximales, moyennes et minimales sur 15 ans. Période 2000 à 2014.....	89
Figure 74 : Graphe d'Humidité moyenne mensuelle sur 15 ans. Période 2000 à 2014	89
Figure 75 : la rose des vents	91
Figure 76 : les limites du cas d'étude	92
Figure 77 : vue de façade sud-ouest	93
Figure 78 : vue de façade Nord -ouest	93

Figure 79 : vue de façade Nord -ouest	93
Figure 80 : des vues intérieures de la géométrie urbaine	94
Figure 81 : l'état de de lieu du cas d'étude avec le logiciel Autocad 2015	96
Figure 82 : La Géométrie Urbaine du cas d'étude avec le logiciel Archicad 14	97
Figure 83 : interface du flow design avec la géométrie du cas d'étude	97
Figure 84 : interface du flow design avec la géométrie du cas d'étude et l'icône d'orientation	97
Figure 85 : interface du flow design avec la géométrie du cas d'étude et Wind l'icône Tunnel Manipulateurs	98
Figure 86 : interface du flow design avec la géométrie du cas d'étude et l'icône Vitesse du vent.....	98
Figure 87 : interface du flow design avec la géométrie du cas d'étude et l'icône Vitesse du vent.....	98
Figure 88: Parcours d'écoulement du vent moi de Janvier au niveau du sol	100
Figure 89: Parcours d'écoulement du vent moi de Janvier au niveau de coupe	101
Figure 90: Parcours d'écoulement du vent moi de Mai au niveau du sol	101
Figure 91: Parcours d'écoulement du vent moi de Mai au niveau du 15m.....	102
Figure 92: Parcours d'écoulement du vent moi de Mai au niveau de coupe.....	102
Figure 93: Parcours d'écoulement du vent moi de Juillet au niveau du sol.....	103
Figure 94: Parcours d'écoulement du vent moi d'Octobre au niveau du sol	103

Liste Des tableaux :

Tableau 1: Echelle Beaufort.....	23
Tableau 2: propriétés aérodynamiques typiques pour des zones urbaines homogènes.....	28
Tableau 3 : Moyennes des précipitations, des températures et de l'humidité.....	87
Tableau 4: Moyennes mensuelles de nombre de jours de neige sur 15 ans. Période 2000 à 2014.....	90
Tableau 5 : Nombre de jours de gelée sur 15 ans. Période 2000 à 2014.....	90
Tableau 6 : des fréquences des vents : Année 2014.....	90
Tableau 7 : les données climatiques en détails : Année 2014.....	91
Tableau 8 : des fréquences des vents d'Année 2014 (4 saison) la valeur maximale	99
Tableau 9 : valeur maximale du vent ; mois de Janvier d'Année 2014	100
Tableau 10: valeur maximale du vent ; mois de Mai d'Année 2014	101
Tableau 11: valeur maximale du vent ; mois de Juillet d'Année 2014	103
Tableau 12: valeur maximale du vent ; mois de Octobre d'Année 2014.....	103

Bibliographie :

- CFD POUR LE BÂTIMENT ET L'ENVIRONNEMENT [Online]. Available: <http://map3-fluides.net/07/05/2016>.
- ABDELDJOUAD, M. 2014. *Impact de la morphologie du bâtiment sur la dispersion des polluants atmosphériques Cas d'étude : ville d'Annaba*. Magistère, mouhamed lhedj lakhder -biskra.
- ALLOPROF. 2016. *La circulation atmosphérique et les vents* [Online]. Available: <http://www.alloprof.gc.ca/bv/pages/s1359.aspx> [Accessed 01/03/2016].
- ARMAND, P. 2015. Le Grand Challenge EMERGENCIS – High resolution emergency simulation for the city of Paris
- AUTODESK® 2014. Flow Design Preliminary Validation Brief.
- BACHELOT, G. 2014. *Autodesk Flow Design : la soufflerie virtuelle* [Online]. Available: <http://geospatialfrance.typepad.com/geospatialfrance/2014/03/autodesk-flow-design-la-soufflerie-virtuelle.html> [Accessed 11/05 2016].
- BARRÉ, C. 2014. Effets du vent, des essais en soufflerie à la modélisation numérique. *SCOR 8e Matinée Décennale*.
- BIA AERODYNAMIQUE. In: AÉRONAUTIQUE, B. D. I. (ed.).
- BOUCHERIBA, F. *IMPACT DE LA GEOMETRIE DES CANYONS URBAINS SUR LE CONFORT THERMIQUE EXTERIEUR - Cas du Coudiat de Constantine -*. MAGISTERE, UNIVERSITE MENTOURI DE CONSTANTINE.
- BOUKETTA. 2011. *L'EFFET DE LA GÉOMÉTRIE URBAINE SUR L'ÉCOULEMENT DU VENT ET LA VENTILATION NATURELLE EXTERIEURE*. Magistère en Architecture, MENTOURI CONSTANTINE.
- BOUKETTA, S. & BOUCHAHM, Y. 2012. L'effet de la géométrie urbaine sur l'écoulement du vent et la ventilation naturelle extérieure. *Revue des Energies Renouvelables Vol. 15 N°4 (2012) 639 – 659*, 15, 639 – 659.
- BOUKETTA, S., BOUCHAHM, Y., BOULFANI, W. & HORRA, B. E.-M. 2014. Optimisation de la géométrie de l'espace urbain pour une qualité de l'ambiance thermo-aéraulique en été. Cas de la ville de Jijel-Algérie. *CONFERENCE IBPSA FRANCE-ARRAS*
- BOUYER, J. 2009. SIMULATIONS NUMERIQUES DE L'ATMOSPHERE URBAINE AVEC LE MODELE SUBMESO : APPLICATION A LA CAMPAGNE CLU-ESCOMPTE SUR L'AGGLOMERATION DE MARSEILLE.
- BOZONNET, E. 2005. *Impact des microclimats urbains sur la demande energetique des b'atiments - Cas de la rue canyon*. Doctorat Génie Civil LA ROCHELLE.
- CHRISTIAN, E. 2002. *Les vents* [Online]. Available: <http://www.meteo.org/phenomen/vent.htm> [Accessed 12/03 2016].
- CLIMATOLOGIQUE, D. 2014. données climatologiques de la wilaya de Tébessa de la période 2000 à 2014
- DESIGN, F. 2016. *Flow Design* [Online]. Available: <http://www.autodesk.com/education/free-software/flow-design> [Accessed 11/05 2016].
- ER2I. *Simulation CFD ou simulation aéraulique* [Online]. Available: <http://www.er2i.eu/entreprise/moyens-techniques/simulation-cfd-simulation-aeraulique/> [Accessed 28/04 2016].
- FADL, M. S. & KARADELIS, J. 2013. CFD Simulation for Wind Comfort and Safety in Urban Area: A Case Study of Coventry University Central Campus. *International Journal of Architecture, Engineering and Construction Vol 2, No 2*.
- FAHSSIS, K., DUPONT, G. & LEYRONNAS, P. 2013. UrbaWind, a Computational Fluid Dynamics tool to predict wind resource in urban area.
- FLAMAND, O. 2009. etude de soufflerie des actions du vent sur la canopée des halles de paris.

- GAUTHIER, N. & ROUCHERAY, P. 2004. *LA MESURE DE LA VITESSE ET DE LA DIRECTION DU VENT* [Online]. Available: http://meteocentre.com/intermet/vent/p_vent10_mesure.htm [Accessed 15/03 2016].
- GUYOT, A. *LE VENT - L'ARCHITECTURE ET L'AMENAGEMENT URBAIN*. école d'architecture de Marseille Luminy.
- HÉMON, P. 2014. *Comment concevoir des bâtiments qui résistent aux vents?* [Online]. Available: http://www.huffingtonpost.fr/pascal-hemon/technique-batiments-resistant-vent_b_5027758.html.
- LOCALES, M. D. L. I. E. D. C. 2009. *TEBESSA* [Online]. Available: <http://www.interieur.gov.dz/Dynamics/frmlitem.aspx?html=14&s=26>.
- LOUVET, V. & PÉROCHON, L. 2013. *Code_Saturne* [Online]. Available: <https://www.projet-plume.org/fiche/codesaturne> [Accessed 10/05 2016].
- LOVAT, V. C. A. A. *Couche Limite Atmosphérique*. .
- MESTOUL, D., BENSALÉM, R. & ADOLPHE, L. 2015. *MODELISATION DE LA FORME URBAINE PAR RAPPORT AU DEPLACEMENT DU SABLE EN MODE DE SALTATION DANS LA REGION DE TIMIMOUN EN ALGERIE*. *Courrier du Savoir – N°20*.
- METEDYN 2014. *Simulation du vent : le plein de nouveautés pour UrbaWind 2.2! Meteodyn meteorology et dynamics*.
- MOREZ, C. 2011. *Turbulence de la couche d'Ekman stratifiée*.
- OZKERESTECI, CREWE, BRAZEL & BRUSE *USE AND EVALUATION OF THE ENVI-MET MODEL FOR ENVIRONMENTAL DESIGN AND PLANNING: AN EXPERIMENT ON LINEAR PARKS*.
- PESIN, E. & GIARD., D. 2012. *Simulations numériques en mécanique des fluides*.
- REITER, S. 2007. *Elaboration d'outils méthodologiques et techniques d'aide à la conception d'ambiances urbaines de qualité pour favoriser le développement durable des villes*. doctorat, UCL Université de Louvain.
- SCHRIEVER, W. R. 1976. *Les vents au sol aux abords des bâtiments élevés*CBD-174-F. . Available: <http://arquitectologia.org/Descs/Vento.htm> [Accessed 12/05/2016].
- SCOUTMESTRE. 2006. *La rose des vents* [Online]. Available: <http://scoutmestre.chez.com/index.html> [Accessed 17/03 2016].
- TOI-PEDIA. 2015. *Dynamique des fluides simulations* [Online]. Available: http://wiki.bk.tudelft.nl/toi-pedia/Flow_Design_-_windsimulation#General_commands [Accessed 13/05 2016].
- TSOKA, S. 2011. *Relations entre morphologie urbaine, microclimat et confort des piétons Application au cas des 'eco-quartiers*. Master STEU, l'Université de Nantes.
- UNIVERSALIS. 2016. *SOUFFLERIES* [Online]. Available: <http://www.universalis.fr/encyclopedie/souffleries/> [Accessed 07/05 2016].
-