

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE CONSTANTINE 3 -SALAH BOUBNIDER-



FACULTE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME

DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

N° d'ordre :

Série :

Mémoire de Master

Filière : Architecture -Spécialité : Architecture, Environnement Technologie

**L'éco énergétique design en architecture aérodynamique :
Apport énergétique éolien et ventilation naturelle**

Dirigé par :

Dr. Nassira BENHASSINE

Maître de conférences-classe A-

Présenté par :

Tarif Nedjimeddine

Jury d'examen :

Président : Dr. Nadia NAIT

université Constantine 3

Examinatrice : Mr. Samir MEDOUR

université Constantine 3

Rapporteur(e) : Dr. Nassira BENHASSINE

université Constantine 3

Année Universitaire 2021/2022

Session : juin 2022

Résumé

L'intérêt de notre présent mémoire est de donner des solutions au phénomène de la consommation énergétique du bâtiment, D'abord, en introduisant des nouvelles technologies comme l'intégration des éoliens urbains, et en montrant l'effet de l'étude aérodynamique de vent autour de bâtiment sur la performance de ces éoliens par l'augmentation de vitesse de vent. Ensuite, en introduisant une nouvelle stratégie de minimisation de consommation énergétique qui est la ventilation naturelle.

Afin d'atteindre nos objectifs, notre méthodologie associe l'analyse conceptuelle, l'analyse des modèles, l'analyse climatique de la ville de Bejaia et l'analyse contextuelle du site d'intervention Sid Ali Lebhar, ainsi que la méthode de simulation pour étudier l'effet d'étude aérodynamique sur la performance des éolien par l'augmentation de vitesse de vent avec le logiciel Autodesk CFD simulation.

En réponse à notre problématique, nous confirmons nos hypothèses. En effet, l'énergie du vent est utilisée comme solution pour minimiser la consommation énergétique. Avec l'introduction de l'énergie éolienne et la ventilation naturelle dans le contexte d'architecture aérodynamique.

Mot clé : architecture aérodynamique, énergie éolienne, ventilation naturelle, le vent
, Autodesk CFD simulation,

Abstract

The interest of our present thesis is to provide solutions for the phenomenon of energy consumption of buildings, first of all by introducing new technologies such as the integration of urban wind turbines, and showing the effect of the aerodynamic study of wind around buildings on the performance of these wind turbines by increasing wind speed, also, introducing new strategies for minimizing energy consumption such as natural ventilation.

In order to achieve our objectives, our methodology combines conceptual analysis, model analysis and climate analysis of the city of Bejaia and the context of the Sid Ali Lebhar the intervention site, as well as the simulation method to study the aerodynamic effect on wind turbine performance by increasing wind speed with Autodesk CFD simulation software.

In response to our problem, we confirm our hypotheses. Indeed, wind energy can be used as a solution to minimize energy consumption with the introduction of wind energy and natural ventilation in the context of aerodynamic architecture.

Key word: aerodynamic architecture, wind energy, natural ventilation, wind , Autodesk CFD simulation.

ملخص

يتمثل اهتمام أطروحتنا الحالية في تقديم حلول لظاهرة استهلاك الطاقة للمبنى، أولاً وقبل كل شيء عن طريق إدخال تقنيات جديدة مثل دمج توربينات الرياح الحضرية، وإظهار تأثير الدراسة الديناميكية الهوائية للرياح حول المباني على أداء توربينات الرياح هذه عن طريق زيادة سرعة الرياح، ثم إدخال استراتيجيات جديدة لتقليل استهلاك الطاقة مثل التهوية الطبيعية.

من أجل تحقيق أهدافنا، تجمع منهجيتنا بين التحليل المفاهيمي وتحليل النموذج والتحليل المناخي لمدينة بجاية وسياق موقع التدخل سيد علي لبحار، بالإضافة إلى طريقة المحاكاة لدراسة تأثير الدراسة الديناميكية الهوائية على أداء التوربينات الهوائية من خلال زيادة سرعة الرياح باستخدام برنامج محاكاة Autodesk CFD.

ردًا على مشكلتنا، فإننا نؤكد فرضياتنا. في الواقع، يمكن استخدام طاقة الرياح كحل لتقليل استهلاك الطاقة مع إدخال طاقة الرياح والتهوية الطبيعية في سياق الهندسة الديناميكية الهوائية مما يعني دراسة واستخدام الرياح السلوكية حول المبنى.

الكلمات المفتاحية: العمارة الديناميكية الهوائية، طاقة الرياح، التهوية الطبيعية، الرياح، محاكاة Autodesk CFD

Table des matières

Remerciement

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale	1
Problématique	2
Hypothèses	2
Objectif	2
Méthodologies	2
Structure de mémoire	2
Chapitre I : L'architecture aérodynamique	4
Introduction	4
I.1 Design avec le vent	4
I.2 comment le vent et crée ?	4
I.3 Modèles globaux de vent	5
I.4 L'es co ;porte ;ents de batiment vis606vis du vent	5
I.4.1 Bâtiment individuel	6
I.4.1.1 The downwach	6
I.4.1.2 L'effet de coin	7
I.4.1.3 L'effet de sillage	8
I.4.1.4 Barre basse - Effet de rangée	8
I.4.2 Groupes de bâtiments	9
I.4.2.1 effet cumulatif	9
I.4.2.2 haute et bas bâtiments	10
I.4.2.3 Bâtiments en quinconce	10

TABLE DE MATIÈRES

I.4.2.4	Canalisation	11
I.4.2.5	Entonnoir	12
I.4.2.6	L'effet de Marche	12
I.4.2.7	La cours -patio-Courtyards	13
I.4.3	la forme de bâtiment et le vent	13
I.4.3.1	Bâtiments rectangulaires	14
I.4.3.2	Bâtiments d'angle ou à plusieurs côtés	14
I.4.3.3	Les tours avec un podium	14
I.4.3.4	Bâtiments pyramidaux.....	15
I.4.4	Détails architecturaux et le vent	15
I.4.4.1	Conception de tour et du podium	15
I.4.4.2	la hauteur	16
I.4.4.3	Conception d'auvent et de relevé	16
I.4.4.4	Brise désigne.....	17
I.4.4.5	Balcons et projections	17
I.4.4.6	Les décrochements	18
I.4.4.7	Passages, couloirs et foyers	19
I.4.5	Options de conception corrective	19
I.4.5.1	Arcades et colonnades	20
I.4.5.2	Clôtures, écrans et abris	20
I.4.5.3	Végétation	21
	Conclusion	21
	Chapitre II : Énergie éolienne et ventilation naturelle	22
	Introduction	22
II.1	l'énergie éolienne	22
II.1.2	Types des turbines éoliennes.....	23
II.1.2.1	Eolienne à axe vertical	23
II.1.2.2	Eolienne à axe vertical	24
II.1.3	Constitution d'une éolienne moderne.....	25
II.1.4	L'éolien à vitesse fixe et à vitesse variable	26
II.1.4.1	L'éolien à vitesse fixe	26
II.1.4.2	L'éolien à vitesse variable	26
II.1.5	Les éoliennes urbaines intégrées aux bâtiments	27
II.1.6	Les installations existants	27

TABLE DE MATIÈRES

II.1.7 La puissance d'un éolien	27
II.1.8 Les aspects règlementaires	28
II.1.9 Le bruit des éoliennes	28
II.1.10 Les dangers liés à l'éolien	29
II.1.10.1 Les risques naturels	29
II.1.10.2 Les risques climatiques	30
II.1.10.3 Les risques géologiques	31
II.1.11 Les différentes contraintes d'installation des éoliennes en milieu urbain..	31
II.1.11.1 Encombrement et contraintes d'accessibilité	31
II.1.11.2 Contraintes structurelles et vibratoires	32
II.1.12 Impacts visuels des éoliennes	35
II.2 La ventilation naturelle	36
II.2.1 L'efficacité énergétique dans le bâtiment.....	36
II.2.2 L'architecture bioclimatique	37
II.2.2.1 Les stratégies de la conception bioclimatique	37
II.2.3 La démarche bioclimatique sous climat humide	38
II.2.3.1 La ventilation	38
II.2.3.2 La ventilation naturelle	38
Conclusion	43
Chapitre III : Analyse des exemples et des contextes de la ville de Bejaïa	44
Introduction	44
II.1 Analyse des modèles	44
II.1.1 LE CENTRE R&D EDF LAB SCALAY PARIS	44
II.1.2 Centre de recherche Calla Lily - l'université de Wuhan	51
II.1.2 The pearl river tower	56
II.2 Présentation de la ville de Bejaïa dans une analyse contextuelle	62
II.2.1 Analyse climatique	63
II.2.2 Site d'intervention (Sid Ali Lebhar)	64
II.2.3.1 Environnement immédiate	65
II.2.3.1 Forme et accessibilité	65
II.2.3.1 Ensollement et dirction des vents dominant	66

TABLE DE MATIÈRES

II.2.3.1 Morphologie de terrain	66
Conclusion	67
Chapitre IV : Forme aérodynamique en capitalisant de l'énergie éolienne	68
Introduction	68
IV.1 C'est quoi un Centre de recherche ?	68
IV.2 Projet du Centre de recherche	68
IV.2.1 Plan de masse	69
IV.2.2 Les plans	69
IV.2.3 La perspective.....	70
IV.3 La simulation numérique au profit de l'énergie éolienne	71
IV.3.1 Autodesk CFD simulation	71
IV.3.2 Les étapes de conception du projet sur Autodesk CFD simulation	71
IV.3.3 Interprétation des résultats de la simulation	74
IV.3.4 Discussion des résultats de la simulation	76
Conclusion	77
Conclusion générale	78

Liste de figures

Chapitre I

Figure I.1 : confort et prospérité effet positif du vent 4

Figure I.2 : Le vent destructeur effet négatif 4

Figure I.3 : création des vents 5

Figure I.4: Global Wind Patterns 6

Figure I.5: the downwash effect 7

Figure I.6 : l’effet de coin 7

Figure I.7: L’effet de sillage 8

Figure I.8: l’effet de rangée 9

Figure I.9: effet cumulative 9

Figure I.10: hautes et basses batiments 10

Figure I.11: effet des batiments en quinconces 11

Figure I.12: effet de canalisation 11

Figure I.13: effet d'entonnoir 12

Figure I.14 : Effet de marche 13

Figure I.15 : effet de Cour 13

Figure I.16 : effet de vent sur un bâtiment..... 14

Figure I.17 : l’effet de vent sur un tour avec un podium 15

Figure I.18 : l’effet de vent sur un bâtiment pyramidal 15

Figure I.19 : tour avec un podium 16

Figure I.20 : l’effet de la hauteur 16

Figure I.21 : Conception d'auvent et de relevé 17

Figure I.23 : l’effet de brise 17

Figure I.24 : l’effet des décrochements 18

Figure I.25 : l’effet des passages, couloirs et foyers 19

Figure I.26 : l’effet des arcades et des colonnades..... 20

Figure I.27 : Clôtures, écrans et abris 20

Figure I.28 : l’effet de végétation 21

Chapitre II

Figure II.1 : Conversion de l'énergie cinétique du vent 22

Figure II.2 : Principaux organes du système de conversion éolien 22

Figure II.3 : technologie éolienne à axe vertical 23

Figure II.4 : technologie éolienne à axe horizontale 24

LISTE DES FIGURES

Figure II.5 : Schéma d'une éolienne	25
Figure II.6 : Puissance éolienne en fonction de la vitesse du vent.....	26
Figure II.7 : les éolien urbain vent.....	27
Figure II.8 : évolution de la puissance des éoliennes avec la surface balayée vent	28
Figure II.9 : effet de foudre sur l'éolienne balayée vent.....	30
Figure II.10 : l'air autour d'un bâtiment et les éoliennes vent.....	32
Figure II.11: Limite de séparation zone turbulente	33
Figure II.12 : éolienne intégrer au bâtiment	34
Figure II.13: Maison bioclimatique	38
Figure II.14 : Influence de la végétation	39
Figure II.15: Influence de l'orientation du bâtiment par rapport au vent.....	39
Figure II.16: Influence de forme de bâtiment sur le vent	40
Figure II.17: Influence de la position et la taille des ouvertures en plan	40
Figure II.18: Influence des cloisons	41
Figure II.19: ventilation traversante	41
Figure II.20: cheminée solaire	42
Figure II.21: les puits provençaux	42

Chapitre III

Figure III.1: Centre de recherche EDF PARIS	44
Figure III.2: LE CENTRE R&D EDF LAB SCALAY PARIS	45
Figure III.3 : plan de situation	46
Figure III.4: plan de Masse	46
Figure III.5: centre de recherche EDF PARIS	47
Figure III.6: centre de recherche EDF PARIS	47
Figure III.7 : plan RDC	47
Figure III.8 : plan 1 ^{er} étage	48
Figure III.9 : plan 2 ^{eme} étage	48
Figure III.10 : plan 3 ^{eme} étage	48
Figure III.11 : organigramme fonctionnel du centre EDF	49
Figure III.12 : centre de recherche EDF Paris	50
Figure III.13: ventilation naturelle	51
Figure III.14 : Cellules solaires photovoltaïques	51
Figure III.15 : centre de recherche Wuhan	51
Figure III.16 : centre de recherche Wuhan	52

LISTE DES FIGURES

Figure III.17: plan de situation de centre de recherche de Wuhan	53
Figure III.18 : plan de masse de centre de recherche de Wuhan	53
Figure III.19 : centre de recherche Wuhan	54
Figure III.20: façades du centre Wuhan.....	54
Figure III.21: plan du centre de recherche Wuhan	55
Figure III.22: organigramme fonctionnel du centre de recherche Wuhan	55
Figure III.23: the pearl river tower	56
Figure III.24: the pearl river tower	57
Figure III.25: les quatre étape ver l’Energie nette zéro	58
Figure III.26: système de façade Haute Performance	58
Figure III.27: système de façade Haute Performance	59
Figure III.28: BIPV the pearl river tower	59
Figure III.29: eolienne de the pearl river tower	60
Figure III.30: teste aérodynamique the Pearl River tower	61
Figure III.31: accélération de vent	61
Figure III.32: l’énergie éolienne au bâtiment	62
Figure III.33: Limites géographies de Bejaïa	62
Figure III.34 : Température	63
Figure III.35: Précipitation	63
Figure III.36: Humidité relative	64
Figure III.37: Vitesse de vent	64
Figure III.38 : Site d’intervention Sid Ali Lebhar	64
Figure III.39 : Site d’intervention Sid Ali Lebhar	65
Figure III.40: Forme et accessibilité	65
Figure III.41: Ensoliment et dirction des vents dominant	66
Figure III.42 : coupe topographique	66

Chapitre IV

Figure IV.1 : L’idée mentale de projet.....	68
Figure IV.2: Plan de masse projet	69
Figure IV.3 : rdc + plan 1ere étage	69
Figure IV.4 : plan	70
Figure IV.5 : Vues perspectives	70
Figure IV.6 : logiciel Autodesk CFD simulation	71
Figure IV.7 : importation de modèle 3d	72

LISTE DES FIGURES

Figure IV.8 : Générer le volume externe	72
Figure IV.9 : Générer le ‘ surface wrap’	73
Figure IV.10 : Appliquer les matériaux’	73
Figure IV.11: Déterminer ‘boundry condition’	73
Figure IV.12: Mesh sizing	74
Figure IV.13 : modèle 02	74
Figure IV.14 : modèle 01	74
Figure IV.15 : modèle 02	75
Figure IV.16 : modèle 01	75
Figure IV.17 : bâtiment d’angle	75
Figure IV.18 : L'effet Venturi	76

Liste des tableaux

Chapitre III

Tableau III.1 : fiche technique exemple 1	45
Tableau III.2 : les différents plans	47
Tableau III.3 : programme surfacique	49
Tableau III.4 : stratégie bioclimatique	51
Tableau III.5 : fiche technique 2 -ème exemple	52
Tableau III.6 : plan surfacique	55
Tableau III.7 : programme du 2ème exemple.....	56
Tableau III.8 : fiche technique 3 -ème exemple.....	57
Tableau III.9 : les données météorologiques de la ville de Bejaïa	63