

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

**Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme**

**epau**

**Laboratoire Architecture et Environnement**



Mémoire  
Pour l'obtention du diplôme de  
**MASTER EN ARCHITECTURE**  
Architecture Construction et  
Environnement

**Thème**

**QUALITE DE LA VENTILATION NATURELLE DANS LES  
NOUVEAUX LOGEMENTS COLLECTIFS :  
CAS DE LA VILLE D'ALGER**

**Présenté et soutenu par**

Melle. CHAFAI Chanez

**Mémoire dirigé par :**

Mr. MESKINE Hamed

**Jury :**

Présidente de jury : Dr. DAKHIA. K      Maître de conférence (EPAU)

Examineur : Mr. BEHIRI. A      Enseignant-chercheur (Blida)

Examinatrice : Mme AZOUI. O      Enseignante-chercheur (EPAU)

**Février 2016**

## Résumé

La ventilation naturelle constitue une question essentielle dans la conception architecturale. En effet, l'homme à travers le temps s'est toujours adapté aux conditions climatiques, et a toujours su profiter du potentiel des forces de la nature en utilisant des dispositifs passifs, afin de créer les meilleures conditions de confort à l'intérieur du bâtiment, notamment dans les habitations.

En Algérie, de par la production massive et la standardisation du logement collectif, le confort des habitants est relégué au second plan, notamment le confort relatif à la qualité de l'air et à la ventilation. C'est dans cette optique que nous avons inscrit notre modeste travail, dont l'objectif est de tenter de vérifier l'efficacité des systèmes de ventilation naturelle dans les logements collectifs, issus des nouvelles formules d'habitat, au niveau d'Alger.

Le but étant de répondre à notre problématique en passant par une simulation thermo-aérodynamique sur deux logements : l'un bénéficiant d'une ventilation transversale, et l'autre d'une ventilation mono-latérale, et ce, afin de vérifier l'efficacité de la ventilation de rafraîchissement en été, ensuite en effectuant une méthode calculatoire en se basant sur le document technique réglementaire afin de vérifier l'efficacité de la ventilation hygiénique en hiver.

Les résultats de la simulation ont montré que la typologie architecturale, ainsi que la non prise en compte de l'orientation par rapport aux vents dominants ont une incidence négative sur l'efficacité de la ventilation dans les logements. En outre, les vitesses de l'air ainsi que la profondeur de l'écoulement d'air sont nettement plus importants dans le logement bénéficiant d'une ventilation transversale. La méthode calculatoire quant à elle, a démontré que les débits de bases relatifs à la ventilation hygiénique sont conformes aux exigences de la réglementation algérienne, en l'occurrence le DTR C3.31.

Ainsi, notre travail vise à mettre en exergue l'optimisation de la ventilation naturelle dans les logements collectifs à travers la configuration architecturale, et ce, afin d'avoir un rafraîchissement passif notamment en période d'été.

**Mots-clés :** ventilation naturelle, logements collectifs, ventilation transversale, ventilation mono-latérale, rafraîchissement passif.

## ملخص

تمثل التهوية الطبيعية عنصر أساسي في التصميم المعماري. لقد قام الانسان عبر الزمن بالتكيف مع العوامل المناخية و تعلم الاستفادة من القوة الكاملة للطبيعية باستعمال وسائل بسيطة، و ذلك بخلق افضل وسائل الراحة داخل البنايات و خاصة المساكن.

مع التزايد الضخم و الطلب الكبير على المساكن الجماعية الذي شهدته الجزائر مؤخرا، عند التصميم، وسائل الراحة و خاصة المتعلقة بنوعية الهواء و التهوية لم تعد من المعايير الاساسية و المهمة. في هذا المنظور يأتي عملنا المتواضع ليحقق من فعالية انظمة التهوية الطبيعية في المساكن الجماعية الناتجة عن الصيغ السكنية الجيدة التي تبنتها الدولة على مستوى الجزائر العاصمة.

المغزى من هذا العمل هو محاولة الاجابة عن الاشكالية المطروحة، وذلك عن طريق القيام بمحاكاة حرارية-هوائية لسكنين: الاول يتميز بنظام تهوية متقاطعة، اما الثاني فيعتمد على نظام تهوية احادية الجانب، وهذا للتحقق من كفاءة التهوية في الصيف، ثم تطبيق طريقة حسابية بالاعتماد على الوثيقة التقنية التنظيمية للتحقق من كفاءة التهوية بالشتاء.

اظهرت نتائج المحاكاة ان النمط المعماري، و عدم اخذ اتجاه الرياح السائدة بعين الاعتبار يؤثر سلبا على نوعية و فعالية التهوية في المساكن الجماعية. اضافة ان سرعة الهواء و عمق انسيابه، اهم بكثير فيما يخص المسكن الذي يعتمد على نظام التهوية المتقاطعة بالمقارنة مع المسكن ذو التهوية احادية الجانب. بالنسبة للطريقة الحسابية، فهي اثبتت ان التدفقات المتعلقة بالتهوية هي متوافقة مع متطلبات الوثيقة التقنية التنظيمية.

و بالتالي، يهدف عملنا الى تسليط الضوء على امكانية الحصول على تهوية طبيعية مثالية، و ذلك من خلال التصاميم المعمارية، بغية الاستفادة من التبريد الطبيعي خاصة في الاشهر الحارة.

**الكلمات المفتاحية:** التهوية الطبيعية- المساكن الجماعية- التهوية المتقاطعة- التهوية احادية الجانب- التبريد الطبيعي.

## **Abstract**

Natural ventilation is a key issue in architectural design. Indeed, Man through time has always adapted to climatic conditions, and has always taken advantage of the potential of the forces of nature using passive devices, to create the most comfortable conditions inside of buildings, especially in houses.

In Algeria, due to the mass production and standardization of collective housing, the comfort of habitations is overlooked, in particular air quality and ventilation related comfort. Our modest work follows this thematic; its main objective is to check the effectiveness of natural ventilation systems in collective dwellings, from new housing formulas in Algiers.

The goal is to respond to this problematic, by performing a thermal air flow simulation on two dwellings: one receiving cross ventilation, and the other is a Single-side one, and this is to verify the effectiveness of refreshing ventilation in summer, then by carrying out a calculation method based on the regulatory technical document in order to verify the effectiveness hygienic ventilation in winter.

The simulation results showed that the architectural typology and not taking into account the orientation relative to the prevailing winds have a negative impact on the effectiveness of ventilation in dwellings. In addition, the air speed and the depth of the air flow are significantly larger in the houses receiving cross ventilation. Concerning the calculation method, it proved that basic air flow rates related to hygienic ventilation are in accordance with the requirements of Algerian regulations.

Thus, our work aims to highlight the optimization of natural ventilation in collective dwellings through the architectural configuration, in order to have a passive refreshment especially in the summer period.

**Keywords:** Natural ventilation, collective dwellings, cross- ventilation, single-side ventilation, passive refresh.

## Remerciement

Je remercie d'abord Dieu de m'avoir donné force et santé pour mener ce travail à terme.

Je remercie aussi mes parents pour leurs encouragements, soutien et compréhension tout au long de ce travail.

Je tiens à remercier mon encadreur *Mr. Meskine Hamed* pour tout le temps qu'il m'a accordé et tous les conseils et encouragements qu'il m'a donnés ainsi que pour sa patience et sa générosité.

Je remercie également *Mr. Ait Kaci Zohir* pour son aide précieuse ainsi que *Mme Boussoualim Aicha* pour ses orientations et ses conseils.

Je remercie *Mme Ikhlef* de l'Agence nationale de l'Amélioration et du Développement du Logement (AADL) pour son accueil et ses orientations.

Un grand merci à ma famille et à mes amis pour leur aide et soutien infailibles. Je remercie particulièrement mon fiancé *Hamzouaui Younes* qui m'a soutenu sans relâche tout au long de ce travail.

Et finalement, mes sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

## Table des matières

ملخص .....	3
Abstract .....	4
Remerciement .....	5
Table des matières .....	6
Liste des abréviations : .....	10
Liste des figures : .....	11
Liste des tableaux : .....	12
CHAPITRE INTRODUCTIF .....	13
1. Introduction générale .....	14
2. Problématique .....	15
3. Objectifs .....	15
4. Les hypothèses .....	16
5. Démarche méthodologique .....	16
6. Etat de l'art .....	17
CHAPITRE 01 : DEFINITION DES CONCEPTS DANS LE CADRE THEORIQUE .....	19
1. Introduction .....	20
2. Définition des notions .....	20
2.1 Ventilation .....	20
2.2 Aération .....	21
2.3 Différence entre « ventilation » et « aération » .....	22
3. Les systèmes de ventilation .....	22
3.1 Ventilation naturelle : .....	23
3.1.1 Les mécanismes physiques de la ventilation naturelle .....	23
1. L'effet du vent : .....	23
2. Le tirage thermique (effet cheminée) : .....	24
3. L'effet combiné : .....	25
1. La ventilation naturelle par ouverture de fenêtres : .....	25

1.1.	Ventilation transversale.....	26
1.2.	Ventilation mono-latérale (unilatérale).....	26
2.	La ventilation naturelle par conduits verticaux.....	27
3.1.2	Dispositifs traditionnels de la ventilation naturelle :.....	28
•	Le patio :.....	28
•	Capteur de vent.....	29
•	Le badgir :.....	29
•	Le Malqaf :.....	30
•	Le moucharabieh :.....	32
3.2	Ventilation mécanique :.....	33
•	La VMC simple flux par extraction :.....	33
•	la VMC simple flux par soufflage seul :.....	34
•	La ventilation mécanique contrôlée double flux :.....	34
•	Le puits canadien (puits provençal) :.....	35
3.3	Ventilation hybride.....	35
3.3.1	Ventilation naturelle assistée.....	36
3.3.2	Alternance de la ventilation naturelle et de la ventilation mécanique :..	36
3.3.3	Ventilation mécanique assistée.....	36
4.	Optimisation de la ventilation :.....	37
	Les facteurs d'influence :.....	37
•	La topographie :.....	37
•	L'environnement immédiat :.....	38
•	Implantation des bâtiments :.....	39
•	La végétation :.....	40
•	Orientation des fenêtres par rapport au vent :.....	40
•	Dimension des fenêtres :.....	42
•	Mode d'ouverture des fenêtres :.....	42
•	Les déflecteurs :.....	42
•	La subdivision de l'espace intérieur :.....	43
5.	L'impact de la ventilation sur la qualité de l'air dans les logements	44
5.1	La qualité de l'air intérieur :.....	44

5.2	Effet d'aération .....	44
5.3	Conditions pour assurer la qualité d'air .....	45
<b>CHAPITRE 02 : LA VENTILATION DANS LE LOGEMENT COLLECTIF A TRAVERS LA REGLEMENTATION ALGERIENNE</b>		
	.....	46
	<b>Introduction.....</b>	<b>47</b>
<b>2.</b>	<b>Lecture de la réglementation algérienne.....</b>	<b>48</b>
2.1.	Présentation :.....	48
2.2.	Domaines d'application, caractéristiques et contenu .....	49
2.2.1.	Les dispositions générales .....	49
2.2.2.	Les dispositifs d'amenée d'air .....	49
2.2.3.	Les dispositifs de transfert d'air :.....	50
2.2.4.	Les conduits verticaux pour l'évacuation de l'air .....	50
2.3.	Dimensionnement des conduits et des grilles d'extraction d'air .....	51
2.4.	Débits extraits :.....	52
<b>3.</b>	<b>L'exemple algérien comparé aux exemples étrangers .....</b>	<b>53</b>
3.1.	La réglementation française : .....	53
3.2.	La réglementation en Belgique :.....	54
3.3.	La réglementation aux Etats-Unis : .....	55
<b>4.</b>	<b>Comparaison des niveaux réglementaires : .....</b>	<b>56</b>
•	La Norme NF EN 15251 .....	57
•	Projet HealthVent : .....	58
<b>CHAPITRE 3 : VERIFICATION SIMULATIVE ET CALCULATOIRE DE LA VENTILATION NATURELLE DANS LES LOGEMENTS COLLECTIFS</b>		
	.....	61
	<b>Introduction :.....</b>	<b>62</b>
1.2.	La simulation CFD :.....	62
2.	Les logiciels choisis :.....	64
2.1.	Motif du choix : .....	64
1.	Critères et choix du cas d'étude.....	65
1.1.	Modèles des bâtiments choisis :.....	66
2.	Présentation du cas d'étude :.....	66

3. Méthodologie et démarche de simulation .....	71
3.1. Introduction des données climatiques .....	71
3.2. Modélisation de l'objet d'étude.....	72
3.3. Processus de simulation .....	73
3.3.1. La configuration de la grille d'analyse CFD :.....	73
3.3.2. L'exportation vers WINAIR4 : .....	74
3.3.3. Chargement et visualisation des données CFD dans ECOTECT.....	74
3.4. Les deux scénarios de simulation choisis : .....	75
4. Lecture et interprétation des résultats :.....	76
4.1.1. Lecture des profils de vitesses de l'air.....	76
4.1.2. Lecture des profils de température .....	78
5.1. Lecture des profils de vitesses de l'air.....	79
5.2. Lecture des profils de température .....	80
6. Comparaison des résultats entre le logement à simple exposition et logement à double exposition : .....	81
6.1. Comparaison des résultats relatifs à la direction et la vitesse de l'air : 81	
6.2. Comparaison des résultats relatifs à la température de l'air:.....	81
Synthèse :.....	82
7. Limites du logiciel : .....	83
8. Evaluation de l'efficacité de la ventilation à travers la méthode calculatoire : 84	
Conclusion générale : .....	87
Références.....	89
ANNEXES .....	93

## **Liste des abréviations :**

**AADL** : Agence nationale de l'Amélioration et du Développement du Logement

**ADEME** : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, France

**ASHRAE**: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

**CFD** : Computational Fluids Dynamics

**CNERIB** : Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment

**CRIBE**: Centre for Research In the Built Environment

**CNRTL** : Centre National De Ressources Textuelles Et Lexicales

**CSTB**: Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, France

**DTR**: Document Technique Réglementaire

**NBN D 50**: Bureau de Normalisation

**QAI** : Qualité de L'air Intérieur

**UE** : Union Européenne

**VMC** : Ventilation Mécanique Contrôlée

**VNAT** : Ventilation NATurelle

## Liste des figures :

Figure 1: <i>pressions dues aux vents</i> , (Roulet, 2010).....	24
Figure 2: <i>pressions positives et négatives engendrées par l'action du vent sur un bâtiment</i> (Russell, 2005).....	24
Figure 3: effet du tirage thermique dans le bâtiment (Concannon, 2002) .....	24
Figure 4: effet du tirage thermique, (Roulet, 2010) .....	24
Figure 5: effet combiné du vent et du tirage thermique (Russell, 2005) .....	25
Figure 6: effet combiné du vent et du tirage thermique, (Roulet, 2010).....	25
Figure 7: ventilation unilatérale et ventilation transversale (guide pratique de la ventilation naturelle 2002).....	26
Figure 8: 3 schémas de ventilation naturelle par conduits verticaux, (Roulet, 2010).....	28
Figure 9: ventilation à travers le patio (Khalef, 2012) .....	29
Figure 10: fonctionnement jour/nuit d'un patio d'après Izard (Ait Kaci, 2014) .....	29
Figure 11: Badgir, ville de Yazd en Iran (Abdel-moniem El-Shorbagy, 2010) .....	29
Figure 12: effet attrape vent <a href="http://www.richard-tolouie.com">http://www.richard-tolouie.com</a> .....	30
Figure 13: effet cheminée <a href="http://www.richard-tolouie.com">http://www.richard-tolouie.com</a> .....	30
Figure 14: Exemple de Malqaf perpendiculaire à la direction du vent dominant, avec une inclinaison de 30° en Egypte (Bahadori et Dehghani-sanij, 2014) .....	31
Figure 15: un exemple d'un Malqaf construit par Qaaf Muhib Al-Din Al-Shafi au Caire en Egypte (Bahadori et Dehghani-sanij, 2014).....	31
Figure 16: Exemple de Malqaf utilisant Salsabil (fontaine), d'après Hassan Fathy (Rashed Khalifa Al-Shaali, 2002) .....	31
Figure 17: coupe d'un Malqaf avec principe de rafraichissement évaporatif d'après Hassan Fathi (Izard, 2006).....	31
Figure 18: Vue extérieure du moucharabieh cairote traditionnel d'après Ravereau. (Haj Hussein, 2012).....	32
Figure 19: Coupe schématique dans le moucharabieh et l'intimité des femmes d'après Ficarelli. (Haj Hussein, 2012) .....	32
Figure 20: fonctionnement du moucharabieh d'après Izard, (Atek, 2012) .....	32
Figure 21: Ventilation mécanique simple flux par extraction (Russell, 2005).....	34
Figure 22: Ventilation mécanique double flux (ADEME, 2013) .....	35
Figure 23: schéma de fonctionnement d'un puits canadien (Courgey et oliva, 2006) .....	35
Figure 24: influence du relief sur le bâtiment (Liébard, De Herde, 2005).....	37
Figure 25: les effets aérodynamiques dans le milieu urbain, (Liébard, De Herde, 2005).....	38
Figure 26: : (a) implantation parallèle des bâtiments. (b) rues parallèles à la direction du vent, (Vitton, 2010).....	39
Figure 27: Influence de l'implantation des bâtiments, (Vitton, 2010).....	39
Figure 28: amélioration de la ventilation naturelle à travers la végétation selon Pacer (Ait kaci, 2014).....	40
Figure 29: Influence du positionnement des ouvertures, d'après Pacer (Ait Kaci, 2014).....	41
Figure 30: Influence de la taille des ouvertures sur la vitesse du vent (vitton, 2010).....	42
Figure 31: Influence des déflecteurs sur l'écoulement de l'air (vitton, 2010) .....	43
Figure 32: Influence des subdivisions à l'intérieur sur l'écoulement de l'air (vitton, 2010) .....	43
Figure 33: débits requis par personne dans les logements (norme TIP -Vent 2000), Wouters, 2006.....	48
Figure 34: abaque des débits en tirage naturel d'un conduit collectif en fonction de sa section (DTR C3.31 , 2006) 51	
Figure 35: Comparaison des taux de ventilation dans les logements .....	59
Figure 36: plan de masse cité AADL 646 logement, Sidi Youcef (source direction de l'AADL) .....	67
Figure 37: Rose des vents en été, ville d'Alger, (weather tool), ECOTECH ANALYSIS 2011 .....	67
Figure 388: modélisation du bâtiment R+15, ECOTECH ANALYSIS 2011, source : auteur .....	68
Figure 39: plan de la cellule du logement à double exposition, (source, AADL) .....	69
Figure 40: modélisation du bâtiment R+9, ECOTECH ANALYSIS 2011, source : auteur .....	69
Figure 41: plan de la cellule du logement à simple exposition (source: AADL) .....	70
Figure 42: capture écran sur la fenêtre projet, ECOTECH ANALYSIS 2011 (source : auteur) .....	71
Figure 43: création des zones thermiques (source : auteur).....	72
Figure 44: capture écran sur la grille d'analyse CFD, source : auteur) .....	73
Figure 45: boîte de dialogue d'exportation vers WINAIR4, (source : auteur).....	74

Figure 46: capture écran sur la fenêtre de calcul de WINAIR4, (source : auteur) .....	74
Figure 48: Vue en plan de la vitesse des flux d'air, logement (1), ventilation transversale, (source auteur) .....	77
Figure 49: Vue en plan de la température à l'intérieur du logement (1), ventilation transversale, (source auteur).....	78
Figure 50: Vue en plan de la vitesse des flux d'air, logement (1), ventilation transversale, (source : auteur) .....	80
Figure 51: Vue en plan de la température à l'intérieur du logement (2), ventilation mono-latérale, (source auteur) ..	80
Figure 52: Vue en plan des profils des débits d'air à l'intérieur du logement (1), ventilation transversale, (source auteur) .....	83
Figure 53: Vue en plan des profils des débits d'air à l'intérieur du logement (2), ventilation mono-latérale, (source auteur) .....	83
Figure 54: Rose des vents en hiver, ville d'Alger, (weather tool), ECOTECT ANALYSIS 2011 .....	84

## Liste des tableaux :

Tableau 1: section des conduits individuels et des raccordements (DTR C3.31 , 2006) .....	51
Tableau 2: débits extraits (DTR C3.31 , 2006) .....	52
Tableau 3: débits minimaux pour chaque pièce, en fonction du nombre de pièces de l'habitation fixés par l'arrêté du 24 mars 1982 ( <a href="http://www.aldes.fr">http://www.aldes.fr</a> ) .....	54
Tableau 4: Exigences de débits de ventilation de base selon la NBN D50-001 .....	55
Tableau 5: Débits de ventilation recommandés pour les logements selon la norme .....	56
Tableau 6: débits de renouvellement d'air (vol/h) en logement.....	56
Tableau 7: classification de la qualité de l'air intérieur des locaux résidentiels selon la norme EN 15251 en (vol/h) .....	57
Tableau 8: caractéristiques des logements types fixés par le projet .....	58
Tableau 10: surfaces des différents espaces (logement à double exposition) .....	70
Tableau 9: surfaces des différents espaces (logement à simple exposition) .....	70

# **CHAPITRE INTRODUCTIF**

## 1. Introduction générale

La ventilation naturelle constitue une question essentielle dans la conception architecturale, et ce, grâce à son rôle fondamental dans le confort de l'homme à l'intérieur du bâtiment, notamment celui relatif à la qualité de l'air et à la température. En effet, l'homme à travers le temps s'est toujours adapté aux conditions climatiques, et a toujours su profiter du potentiel des forces de la nature (effet du vent, tirage thermique...etc.) en utilisant des dispositifs passifs tels que les capteurs à vent, le patio, le moucharabieh, et ce, afin de créer les meilleures conditions de confort à l'intérieur du bâtiment, notamment dans les habitations.

Aujourd'hui, la conception des bâtiments à travers le monde nécessite la maîtrise des principes physiques relatifs à la ventilation, et ce, afin de comprendre l'incidence des choix architecturaux sur la performance de la ventilation naturelle dans les espaces projetés. En effet, plusieurs études qui ont été menées dans ce sens, ont démontré qu'une bonne conception architecturale permet d'optimiser la ventilation naturelle et par conséquent, améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment.

En Algérie, de par la production massive et la standardisation du logement collectif, le confort des habitants est relégué au second plan, notamment le confort relatif à la qualité de l'air et à la ventilation. C'est dans cette optique que nous avons inscrit notre modeste travail, dont l'objectif est de tenter de vérifier l'efficacité des systèmes de ventilation naturelle dans les logements collectifs, issus des nouvelles formules d'habitat, au niveau d'Alger.

A cet égard, l'impact de la configuration architecturale sur la performance de la ventilation naturelle dans les logements collectifs, peut être vérifié en amont à travers la simulation, qui peut déterminer dès lors les choix relatifs à l'orientation par rapport à la direction des vents, la position des ouvertures et leur dimensionnement, la présence des saillies sur les façades extérieures, ainsi que l'aménagement et l'agencement intérieur des différents espaces intérieurs.

Ainsi, notre travail vise à mettre en exergue l'optimisation de la ventilation naturelle dans les logements collectifs à travers la configuration architecturale, et ce, afin d'avoir un rafraîchissement passif notamment en période d'été, permettant ainsi de limiter les consommations énergétiques en périodes chaudes.

## 2. Problématique

En Algérie, la question du logement constitue une problématique majeure, En effet, la demande ne cesse de s'accroître, suscitant une production massive et standardisée, dans diverses nouvelles formules collectives, qui visent à faciliter et démocratiser l'accès au logement. Néanmoins, ceci soulève de multiples questions relatives à la qualité et au confort des habitants, dont la qualité de l'air et de la ventilation. « *La ventilation joue un rôle déterminant dans le confort de l'homme à l'intérieur des édifices en influençant la température et la qualité de l'air intérieur* ». <sup>1</sup> Son objectif principal est de créer le renouvellement de l'air et l'évacuation des polluants afin d'assurer une bonne qualité d'air pour les occupants. Pour cela, plusieurs dispositifs de ventilation peuvent être utilisés : naturels, mécaniques ou hybrides. L'Algérie semble pencher pour le naturel dans ses différents programmes à travers le territoire, c'est pourquoi on se demande :

**Les logements collectifs d'Alger issus des nouvelles formules d'habitat, assurent-ils une ventilation suffisante et une qualité d'air satisfaisante pour leurs habitants?**

## 3. Objectifs

L'objectif principal de ce modeste travail est de tenter de vérifier l'efficacité des systèmes de ventilation naturelle ainsi que la qualité de l'air qu'ils génèrent dans les logements collectifs, issus des nouvelles formules d'habitat, au niveau d'Alger. Pour cela, le travail vise plusieurs sous-objectifs :

- Déterminer les problèmes de ventilation que connaissent les logements en Algérie.
- Vérifier la structuration et l'opposabilité de la réglementation algérienne en vigueur.
- Tenter de proposer des solutions afin d'améliorer la qualité hygiénique des logements algériens, à travers l'adoption des dispositifs de ventilation les plus adéquats.

---

<sup>1</sup> AIT KACI. Z. (2014), « L'apport de la cage d'escalier dans la ventilation naturelle : Simulation thermo-aéraulique d'un habitat collectif en Algérie », Thèse de Master Option Architecture et Développement Durable, Tizi Ouzou, Université Mouloud Mammeri, p.2

## 4. Les hypothèses

Afin de tenter de répondre à la problématique, nous avons émis trois hypothèses :

### 3.1 Hypothèse 1

- La typologie architecturale a une incidence négative sur la qualité de la ventilation et de l'air des nouveaux logements collectifs d'Alger.  
→ Problème de conception.

### 3.2 Hypothèse2 :

- La réglementation algérienne ne prend pas en charge tous les aspects relatifs à la ventilation, en l'occurrence ceux du rafraîchissement, contrairement à d'autres pays, ce qui influence la qualité de l'air dans les nouveaux logements collectifs à Alger.  
→ Problème de réglementation

### 3.2 Hypothèse3 :

- La réglementation algérienne prend en charge tous les aspects relatifs à la ventilation, mais c'est son application qui n'est pas assurée dans les nouveaux projets de logements collectifs à Alger.  
→ Problème d'application

## 5. Démarche méthodologique

Afin de répondre aux objectifs de la recherche, et tenter de vérifier l'ensemble de ces hypothèses, une méthodologie a été établie, qui divisera le travail en deux parties :

### I. Partie théorique

1. Cadres théorique et scientifique : Développer les mots-clés de la problématique : (*qualité de ventilation, qualité de l'air, systèmes de ventilation, ventilation naturelle,...*) afin d'établir le cadre théorique et scientifique généraux liés au thème, par la compréhension des notions qui en découlent, mais aussi en tentant de donner un aperçu réel sur l'état de l'art de la question de la ventilation et de la qualité de l'air.

2. Cadre réglementaire : Faire une lecture des cadres réglementaire et normatif qui régissent les qualités de ventilation et de l'air des logements en Algérie, comparée à d'autres pays, notamment à travers le document technique réglementaire (*en l'occurrence DTR C3.31*).

## II. Partie pratique

3. Approches d'étude et Choix du cas : d'abord, en établissant une double approche :

a. Une approche simulative : (*à travers deux logiciels : ECOTECH et WINAIR*), tout en justifiant son intérêt et sa logique (*type de données, leurs sources, ...*). Puis, faire le choix de deux logements à Alger, issus des nouvelles formules d'habitat collectifs, tout en essayant de comprendre leurs caractéristiques typologiques.

b. Une approche calculatoire : en effectuant des calculs des débits, tout en se basant sur le document technique réglementaire en l'occurrence le DTR C3.31 afin de vérifier l'efficacité de la ventilation hygiénique en hiver.

4. Effectuation de l'étude : expliquer les circonstances de déroulement réel de l'étude, et la manière détaillée dont les deux approches ont été appliquées aux cas d'étude (*étapes d'utilisation des logiciels, Input et Output, le calcul des débits réglementaires...*).

5. Analyse des données récoltées.

## III. Conclusion

### 6. Etat de l'art

La ventilation a fait l'objet de plusieurs études, en effet, une étude menée par l'ingénieur « C-A Roulet »<sup>2</sup> a démontré que l'aération touche plusieurs domaines de la physique du bâtiment tels que ; la qualité de l'air (en conséquence la santé des occupants), la déperdition de chaleur (consommation d'énergie), les problèmes d'humidité (fragilisation du bâtiment) et le confort thermique. Ce chercheur a développé des méthodes permettant d'assurer une bonne qualité de l'air.

---

<sup>2</sup> ROULET, Claude-Alain. « Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments ». 2<sup>e</sup> édition. Lausanne (Suisse) : PPUR, 2010, 376p.

« A. Aziez »<sup>3</sup> quant à elle a développé un outil d'évaluation des performances des systèmes de ventilation naturelle et hybride dans les logements collectifs en utilisant deux codes de calcul existants à savoir, le « *SIREN et VNAT* »<sup>4</sup>. Une autre recherche faite par « K.Juslin » fondée sur une analyse multicritère des stratégies de ventilation en maisons individuelles, s'est basée sur la méthode des gaz traceurs et des scénarios de polluants. Ces derniers ont permis d'évaluer les conditions de fonctionnement du principe de balayage dans les logements en étudiant trois systèmes de ventilation à savoir, la ventilation naturelle, la VMC double flux et la VMC simple flux.

D'autres chercheurs se sont intéressés à l'étude des dispositifs naturels de ventilation, telle que l'étude de « Z. Ait Kaci »<sup>5</sup> qui concerne l'apport de la cage d'escalier dans la ventilation naturelle. Cette étude s'est basée essentiellement sur la simulation thermo-aéraulique dans l'habitat collectif en Algérie. Une autre étude de « M. Ghanem »<sup>6</sup> relative aux dispositifs traditionnels s'est basée sur l'analyse des systèmes d'Aération dans les grandes demeures cairotes, et l'influence sociale égyptienne sous l'empire Ottoman du XVIe au XVIIIe siècle. Le professeur « R. Bensalem »<sup>7</sup> a aussi effectué une étude concernant les dispositifs traditionnels de ventilation portant sur la cour et l'atrium en examinant l'efficacité de la ventilation naturelle poussée par les vents.

La problématique de la ventilation a été abordée à travers les recherches de différentes manières, cependant, dans notre cas, elle s'inscrit dans le contexte algérien relatif à la qualité de la ventilation dans les nouveaux logements collectifs.

---

<sup>3</sup> AZIEZ, A. 2007. « Outil d'évaluation des performances des systèmes de Ventilation Naturelle et Ventilation Hybride ». Thèse de Master 2 SDI, spécialité MFE, Centre Scientifique et technique du Bâtiment, Paris : Université Pierre & Marie Curie, 33p.

<sup>4</sup> SIREN : Simulation de RENouvellement d'air. Et VNAT : Ventilation NATurelle. Page 2

<sup>5</sup> AIT KACI, Z. 2014. « L'apport de la cage d'escalier dans la ventilation naturelle : simulation thermo-aéraulique d'un habitat collectif en Algérie ». Thèse de Magister, Option Architecture et Développement Durable, Tizi Ouzou.

<sup>6</sup> GHANAM, M. 2003. « Le système d'aération dans les grandes demeures cairotes et l'influence sociale égyptienne, sous l'empire ottoman du XVIe au XVIIIe siècle ». Thèse de D.E.A (Master), Paris : Université de Paris I Panthéon Sorbonne UFR d'Art et d'Archéologie, 90p.

<sup>7</sup> BENSALAM, R. 1991. « Wind-driven natural ventilation in courtyard and atrium-type building ». Thèse de doctorat, Building Science Unit, School of Architectural Studies, University of Sheffield, 279p.

# **CHAPITRE 01 : DEFINITION DES CONCEPTS DANS LE CADRE THEORIQUE**

## 1. Introduction

L'intérêt de ce chapitre c'est d'essayer d'asseoir théoriquement et scientifiquement l'ensemble des notions liées à la ventilation et à la qualité de l'air, afin de comprendre les phénomènes naturels, leurs encadrements à travers des « systèmes », les effets de ces derniers sur le bâtiment, ainsi que leur impact sur le confort et le bien-être des habitants.

La ventilation constitue l'un des paramètres les plus importants dans la conception architecturale, notamment celle des logements. En effet, son efficacité est fondamentale, car elle permet d'assurer la qualité de l'air, et par conséquent le confort et la santé des occupants. L'étude de la ventilation de nos jours se préoccupe de deux aspects principaux relatifs à l'efficacité des systèmes de ventilation :

- Assurer une bonne qualité d'air
- Limiter la consommation énergétique.

Pour comprendre comment ceci peut être assuré réellement, nous allons essayer d'abord de définir quelques notions liées à la ventilation en ce qui suit :

## 2. Définition des notions

### 2.1 Ventilation

❖ Selon « Larousse » en Ligne :

**Ventiler** : « Faire circuler l'air dans une ambiance, soit en puisant de l'air extérieur ou conditionné, soit en extrayant l'air pollué, ou en combinant les deux actions ».

❖ Selon le guide du CSTB

*« La ventilation désigne l'ensemble des dispositions et des équipements qui contribue à l'aération des locaux, c'est-à-dire à l'évacuation de l'air vicié intérieur et à son renouvellement par de l'air neuf extérieur. »<sup>8</sup>*

Cette définition lie déjà la ventilation au bâti, mais aussi à des « dispositions », qui sous-entendent une prise en charge volontaire, assurée par la présence inévitable du facteur humain.

---

<sup>8</sup> Perméabilité à l'air de l'enveloppe, Réglementation, risques, mesure et amélioration CSTB, Romuald Jobert (Auteur) – Guide développement durable .2012 page 43

- ❖ La définition de « A. Aziez » semble plus explicite, puisqu'elle explique l'objet réel de cette ventilation, tout en la liant à la qualité de l'air

*« La ventilation a pour objectif de générer des mouvements d'air à l'intérieur des bâtiments afin d'y garantir une bonne qualité d'air et des ambiances intérieures confortables. On appelle systèmes de ventilation la combinaison de composants requis pour fournir la ventilation. La circulation de l'air dans le bâtiment peut être assurée d'une manière naturelle ou d'une manière forcée en utilisant des systèmes de ventilation mécanique, ou encore de façon naturelle assistée mécaniquement. »<sup>9</sup>*

Cette définition explique le mode d'action de la ventilation, mais la lie inévitablement à l'un de ses principaux objectifs, qui est : assurer une bonne qualité de l'air, et évoque une fois de plus le lien entre la ventilation et la notion de « système » (*exprimé par « disposition » dans la définition précédente*) et qui semble lui être intrinsèque (*de par la structure du mot se terminant avec la suffixe « tion »<sup>10</sup>*), dans une sorte d'action ou de réflexion volontaire, dans le but préconçu de « ventiler ».

## 2.2 Aération

- ❖ Selon « Larousse » en ligne :

**Aérer** : « Renouveler l'air dans un espace clos ».

- ❖ Selon « A. Aziez »<sup>11</sup> :

*« Aérer, est l'action de renouveler des quantités relativement importantes d'air, de manière non permanente, en ouvrant les portes et/ou les fenêtres ».*

Donc, on s'entend à dire que l'aération a pour but de renouveler l'air, ce qui semble avoir des zones de chevauchement avec la définition de la « Ventilation », y a-t-il vraiment une différence ?

---

<sup>9</sup> AZIEZ, A. 2007. « Outil d'évaluation des performances des systèmes de Ventilation Naturelle et Ventilation Hybride ». Thèse de Master 2 SDI, spécialité MFE, Centre Scientifique et technique du Bâtiment, Paris : Université Pierre & Marie Curie, 33p.

<sup>10</sup> Selon « TLFi » en ligne, le suffixe « tion » exprime « une action ou le résultat de cette action ».

<sup>11</sup> AZIEZ, A. 2007 (idem).

### 2.3 Différence entre « ventilation » et « aération »

Si l'on se réfère aux définitions linguistiques, l'aération devient alors l'une des conséquences de la ventilation, parce que la ventilation assure au-delà du renouvellement de l'air (par le dégagement de l'air vicié) le rafraîchissement, qui rajoute un confort supplémentaire par le contact de la peau avec l'air en mouvement. Donc, dans le cas de la ventilation, l'objectif est de mettre l'air en mouvement, et cela peut se faire entre autres par le renouvellement de l'air<sup>12</sup>.

Cependant, des chercheurs tels que « A.Aziez », voient plutôt la différence dans le régime du renouvellement : la ventilation est permanente, tandis que l'aération est non-permanente. Elle explique ceci avec ces propos :

*« Il ne faut pas confondre l'aération et la ventilation intensive. La ventilation intensive s'applique également par l'ouverture de portes et/ou fenêtres, mais en complément à la ventilation permanente dans certaines circonstances particulières (par exemple, dans le cas de surchauffe, d'ensoleillement extrême, ou lors d'activités polluantes), en vue de maintenir la qualité de l'ambiance intérieure dans des limites acceptables ».*<sup>13</sup>

Nous adhérons beaucoup plus à la différence linguistique, parce que la permanence dans la ventilation est relative, et change d'une saison à l'autre. Si en été, le rafraîchissement est souhaitable, il l'est moins en hiver, c'est pourquoi, dans certains systèmes de ventilation, le fait de faire circuler de l'air ne se fait pas en permanence, mais selon les besoins, tout comme l'aération, et c'est ce que nous allons voir dans les différents systèmes de ventilation :

### 3. Les systèmes de ventilation

Il existe trois systèmes de ventilation principaux, à savoir : la ventilation *naturelle*, la ventilation *mécanique contrôlée* (VMC) et la *ventilation hybride*.

La Ventilation est définie comme un processus par lequel l'air extérieur est amené dans un espace intérieur en remplacement de l'air vicié afin de garantir une bonne qualité d'air et un bon confort.

---

<sup>12</sup> Un ventilateur dans un espace fermé n'assure pas le renouvellement de l'air, mais assure son mouvement, donc il assure le rafraîchissement, mais pas l'aération (ndlr).

<sup>13</sup> IBGE, (2006), « Outil D'aide 'Aération Et Ventilation Naturelle De Logements Existants Et De Rénovations À Bruxelles », Belgique, pages 49

### **3.1 Ventilation naturelle :**

Selon « C.A. Roulet » :

*« La ventilation naturelle est le moyen « passif » d'assurer l'aération des bâtiments. Elle consiste à contrôler le débit d'air poussé par les forces naturelles (vent, différence de température) par des ouvertures ou des canaux de ventilation installés à cet effet. Des ouvertures pratiquées pour d'autres raisons (porte, fenêtres) servent aussi à la ventilation naturelle »<sup>14</sup>.*

Selon « M. Caciolo » :

*« On parle de ventilation naturelle quand le renouvellement d'air est provoqué par des forces naturelles (vent, différence de température) à travers des ouvertures en l'absence de dispositif mécanique »<sup>15</sup>*

La ventilation naturelle est le moyen d'assurer une circulation d'air à l'intérieur du bâtiment sans l'intervention d'aucun dispositif mécanique. Elle repose sur différents mécanismes physiques tel que l'effet du vent, le tirage thermique et l'effet combiné. Ces mécanismes se produisent en la présence des ouvertures ou en présence des conduits verticaux.

#### **3.1.1 Les mécanismes physiques de la ventilation naturelle**

La ventilation naturelle se base essentiellement sur deux phénomènes principaux qui induisent des mouvements d'air à savoir :

##### **1. L'effet du vent :**

Les forces aérodynamiques créent des différences de pressions sur les différentes parties du bâtiment, cela se traduit par l'augmentation de la pression sur les façades exposées au vent (surpression), et la diminution de la pression sur les autres façades (dépression). Ce qui induit un écoulement d'air de la partie en surpression vers la partie en dépression.

---

<sup>14</sup> ROULET Claude-Alain, (2010) « Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments » Lausanne (Suisse), Edition PPUR, page 226

<sup>15</sup> M. CACIOLO, 2010 « Analyse expérimentale et simulation de la ventilation naturelle mono-façade pour le rafraîchissement des immeubles de bureaux », thèse de doctorat, Spécialité “ Energétique ”, école nationale supérieure des mines de Paris, p5.

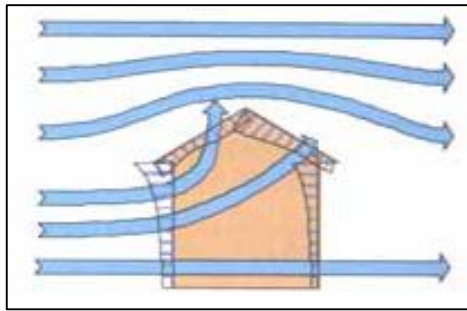


Figure 1: pressions dues aux vents, (Roulet, 2010)

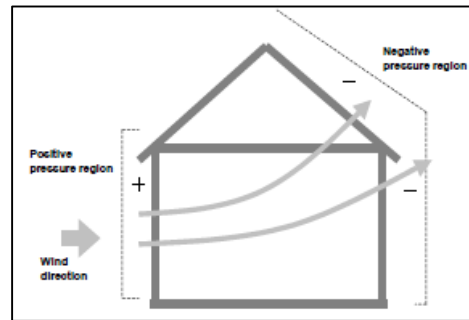


Figure 2: pressions positives et négatives engendrées par l'action du vent sur un bâtiment (Russell, 2005)

## 2. Le tirage thermique (effet cheminée) :

Ce phénomène résulte de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur. Celle-ci engendre une différence de densité de l'air résultant en un gradient de pression entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. Par conséquent un mouvement d'air ascendant est généré : L'air à l'intérieur du bâtiment rentre par le niveau bas et ressort par le niveau haut. Il apparaît ainsi, une zone plane dans laquelle la différence de pression est nulle, ce qu'on appelle le niveau neutre, sa position dépend de l'emplacement et la taille des ouvertures.<sup>16</sup>



Figure 4: effet du tirage thermique, (Roulet, 2010)

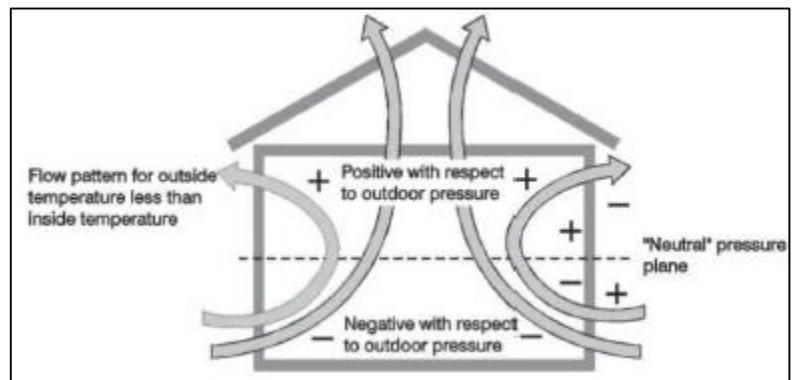


Figure 3: effet du tirage thermique dans le bâtiment (Concannon, 2002)

<sup>16</sup> KOFFI, J. 2009. « Analyse multicritère des stratégies de ventilation en maisons individuelles ». Thèse de doctorat, Ecole doctorale Sciences pour l'Environnement et le Développement Durable (SEDD), France : Université de la Rochelle, p39.

### 3. L'effet combiné :

En général, le mouvement d'air à l'intérieur du bâtiment est le résultat de l'effet du vent combiné au tirage thermique, ces deux effets peuvent agir dans le même sens ou en sens opposés et cela selon la direction des vents, et aussi selon la différence de température intérieure et extérieure. En effet, la ventilation peut être renforcée grâce à ces deux forces, notamment lorsque les ouvertures sont bien positionnées [figure 5, (a)]. Inversement, si les ouvertures sont mal positionnées, ou si le vent souffle dans le sens contraire, le vent contrarie le tirage et par conséquent réduit la ventilation [figure 5, (b)].

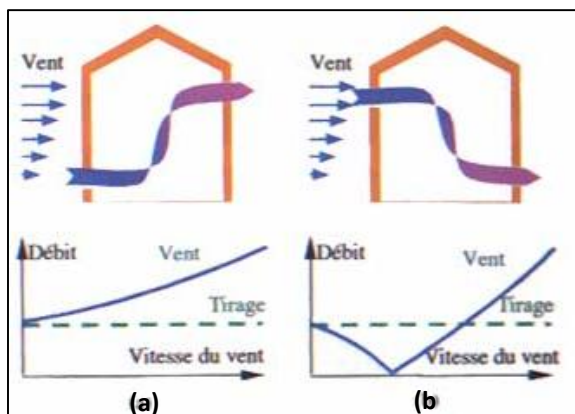


Figure 6: effet combiné du vent et du tirage thermique, (Roulet, 2010)

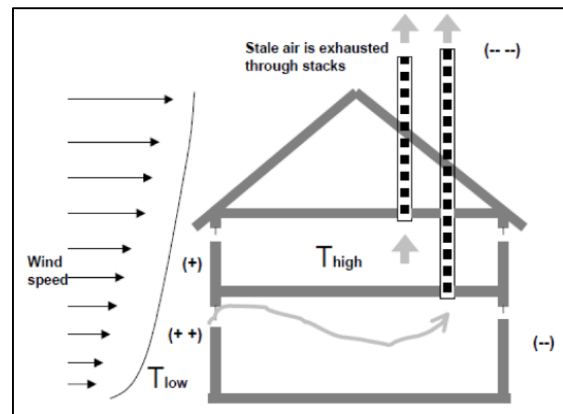


Figure 5: effet combiné du vent et du tirage thermique (Russell, 2005)

Il existe deux manières de ventiler naturellement, cela se fait à travers les ouvertures de fenêtres, ou à travers les conduits verticaux.

#### 1. La ventilation naturelle par ouverture de fenêtres :

La ventilation naturelle par ouverture de fenêtres constitue la méthode la plus simple de ventilation, en effet, de par la facilité de son utilisation, et la possibilité qu'elle offre aux occupants de contrôler les ouvertures, elle permet de faire entrer de grands débits d'air indispensables pour évacuer les polluants, ou pour le refroidissement passif. Néanmoins, cette méthode ne permet pas la maîtrise des faibles débits d'air contrôlés. Ces derniers sont très importants durant les périodes froides et venteuses, ce qui induit des déperditions énergétiques ainsi que l'inconfort dû aux courants d'air.

Inversement, en période d'été, le renouvellement d'air peut être insuffisant, entraînant ainsi, un inconfort dû aux températures élevées ou une mauvaise qualité d'air à l'intérieur.

« L'efficacité de ce type de système de ventilation naturelle repose entièrement sur l'action des occupants, du niveau des polluants ou de confinement ». <sup>17</sup>

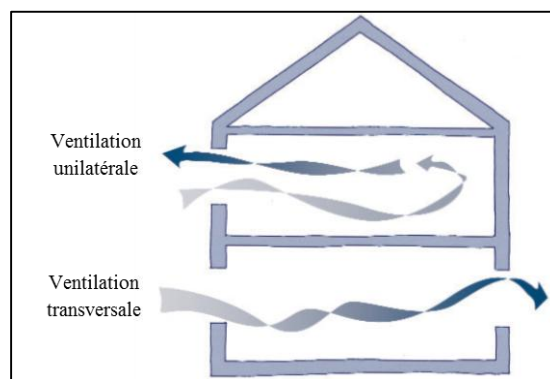
### 1.1. Ventilation transversale

La ventilation transversale appelée aussi ventilation traversante se produit lorsque les fenêtres sont placées sur deux façades opposées. En effet, il s'agit d'écoulement d'air, ce dernier entre par une façade, traverse l'ensemble du bâtiment en suivant son chemin, sans être dévié, et ressort par la façade opposée. <sup>18</sup>

La ventilation traversante est très efficace pour ventiler les habitations, notamment dans le cas des habitations individuelles qui peuvent disposer de 4 façades ou au moins 2, néanmoins ce système n'est pas toujours facile à appliquer dans les immeubles collectifs, car les logements ne disposent pas toujours de façades opposées.

### 1.2. Ventilation mono-latérale (unilatérale)

Dans le cas où la ventilation transversale ne peut être appliquée, le renouvellement de l'air peut se faire à partir de l'ouverture de fenêtres sur une seule façade, en effet, l'air extérieur plus froid rentre par le bas de l'ouverture et l'air intérieur chaud sort par le haut. Les débits atteints sont nettement inférieurs à ceux de la ventilation transversale. <sup>19</sup>



**Figure 7: ventilation unilatérale et ventilation transversale (guide pratique de la ventilation naturelle 2002)**

<sup>17</sup> KOFFI, J. 2009. « Analyse multicritère des stratégies de ventilation en maisons individuelles ». Thèse de doctorat, Ecole doctorale Sciences pour l'Environnement et le Développement Durable (SEDD), France : Université de la Rochelle, p39.

<sup>18</sup> TAREB, 2004, «modules spécialisés sélectionnés du Mastereuropéen : Ventilation naturelle », Projet européen pour l'enseignement de la conception de bâtiments à faible consommation énergétique.

<sup>19</sup> Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Technologies, de la recherche et de l'énergie, 2002, « Guide pratique de la ventilation naturelle »

## 2. La ventilation naturelle par conduits verticaux

Le système de ventilation naturelle par conduits verticaux est l'un des dispositifs les plus répandus dans l'habitat collectif. Afin de garantir le bon fonctionnement de ce système, le bâtiment doit être suffisamment étanche.

Ce dispositif consiste à placer dans les pièces de service (cuisine et salles d'eau) une bouche d'extraction (à section constante, auto-réglable ou hygroréglable)<sup>20</sup> raccordée à un conduit d'évacuation vertical, quant aux pièces principales (chambre et séjour) elles sont dotées d'entrée d'air neuf (auto-réglable ou hygroréglable).

Les conduits verticaux débouchent en toiture, cette dernière représente une zone de pression négative qui permet la circulation de l'air de l'intérieur vers l'extérieur par la combinaison des effets du tirage thermique et du vent.

Dans le cas où la pression en toiture est inférieure à celle de la façade sous le vent, un refoulement d'air vicié ce produit. Ce dysfonctionnement peut être évité en installant un extracteur aux débouchés des conduits.<sup>21</sup>

On distingue trois types de conduits verticaux :

1. Le conduit unique : il est à déconseiller, car d'un étage à un autre il génère les bruits, les odeurs et les polluants.
2. Les conduits individuels : ils ne présentent pas les inconvénients du conduit unique, néanmoins ils occupent plus de place et plus onéreux.
3. Les conduits shunts : sont considérés comme un compromis.

---

<sup>20</sup> **La bouche d'extraction constante** : une ouverture dont la section ne peut être modifiée

**La bouche d'extraction auto-réglable** : est une ouverture dont la section de passage varie automatiquement en fonction de la différence de pression

**La bouche d'extraction hygroréglable** se modifie automatiquement afin de faire varier le débit en fonction de l'humidité de l'air de la pièce desservie

<sup>21</sup> KOFFI, J. 2009. « **Analyse multicritère des stratégies de ventilation en maisons individuelles** ». Thèse de doctorat, Ecole doctorale Sciences pour l'Environnement et le Développement Durable (SEDD), France : Université de la Rochelle, p40.

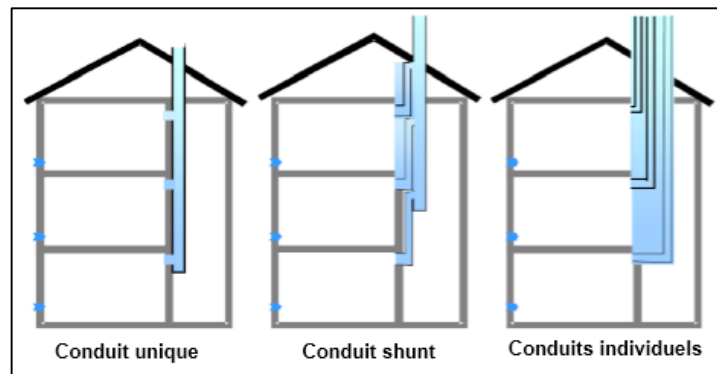


Figure 8: 3 schémas de ventilation naturelle par conduits verticaux, (Roulet, 2010)

### 3.1.2 Dispositifs traditionnels de la ventilation naturelle :

- **Le patio :**

Le patio est défini comme étant « une cour intérieure fermée d'une maison individuelle ; le patio est en principe de plan carré, et souvent bordé d'une galerie d'accès aux différents locaux d'habitation»<sup>22</sup>.

Cet espace dit « patio » a pris plusieurs appellations : cour intérieure, atrium, puits de lumières...etc. Et ce, à travers ses caractéristiques qui varient selon les civilisations, l'usage, et les dimensions<sup>23</sup>. Le patio constitue l'exemple type de l'espace intermédiaire entre l'intérieur et l'extérieur autour duquel s'organise le reste des espaces de vie. Il est le cœur de la vie communautaire.

En outre, le patio joue un rôle régulateur du climat à l'intérieur de la maison. En effet, il assure la ventilation des pièces qui sont ouverte sur lui grâce à la fraîcheur captée durant la nuit, et ce, à travers l'effet cheminée. Cette ventilation dépend des proportions du patio et de son orientation par rapport aux vents dominants. La configuration spatiale du patio permet d'ombrager la majeure partie de ses parois intérieures durant la journée, ce qui permet d'abaisser la température de l'air.

<sup>22</sup> DICOBAT, 2008, dictionnaire général du bâtiment, 7<sup>ème</sup> édition, arcature. VOL 9.

<sup>23</sup> HAJ HUSSEN, M. 2012. « Investigation sur la qualité des ambiances hygrothermiques et lumineuses des habitats palestiniens », Thèse doctorat, Spécialité sciences et techniques architecturales, Bordeaux : Université Bordeaux 1, p55.

La présence de végétation ainsi que des bassins d'eau contribue à augmenter le rafraîchissement et ce à travers l'humidification de l'air par évaporation.

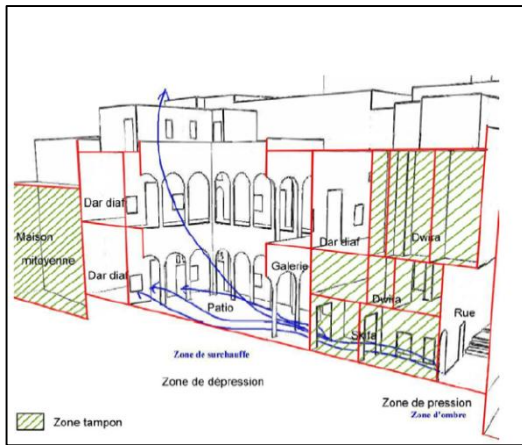


Figure 9: ventilation à travers le patio (Khalef, 2012)

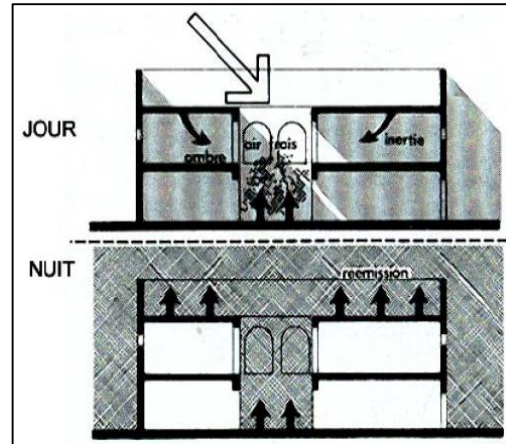


Figure 10: fonctionnement jour/nuit d'un patio d'après Izard (Ait Kaci, 2014)

- **Capteur de vent**

- **Le badgir :**

L'un des dispositifs ancestraux de la ventilation est le capteur à vents, ce dispositif est très connu en Iran notamment dans la ville de Yazd sous le nom de Badgir<sup>24</sup>. De par son ingéniosité et son efficacité, ce dispositif a suscité la curiosité de « Hervé Richard et Shiva Tolouie » qui ont mené une étude détaillée sur son fonctionnement.

En Iran, la maison traditionnelle se caractérise par son introversion, elle s'ouvre sur son jardin intérieur, sa pièce principale est constamment ombragée et rafraîchie grâce à la tour du vent au-dessus du toit.

Les tours à vent se présentent comme de grandes cheminées rectangulaires d'une quinzaine de mètres de hauteur. Les dimensions extérieures sont d'environ trois mètres par quatre de côté. La partie supérieure dépasse le toit, et ce, afin de profiter des vents les plus rapides et avec un minimum de poussière, elle comprend des ouvertures verticales orientées du côté du vent, ces ouvertures sont reliées à des canalisations qui permettent de diviser la tour en conduits verticaux

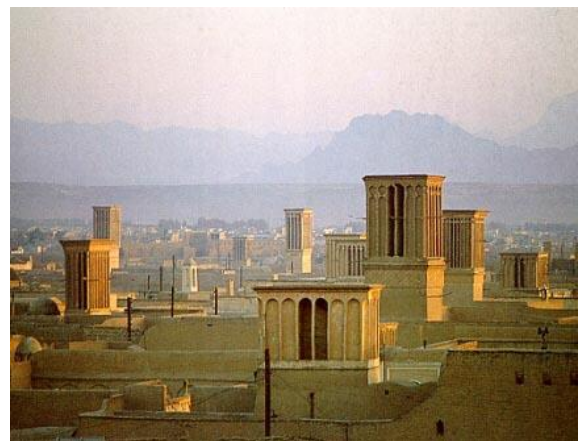


Figure 11: Badgir, ville de Yazd en Iran (Abdelmoniem El-Shorbagy, 2010)

<sup>24</sup> Badgir : mot persan signifiant littéralement attrape-vents

symétriques, et ce, afin de séparer les courants d'air ascendants et descendants.<sup>25</sup> En effet, deux principes dépendants de la force des vents et de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur sont à retenir :

### 1. L'effet attrape vent :

Le vent est capté par les ouvertures hautes de la tour, il descend par les conduits verticaux jusqu'à la pièce à rafraichir avant de remonter par les conduits placés en symétrie, reliés quant à eux aux ouvertures de la tour placées

en dépression. Une fois dans la pièce, le flux d'air passe au-dessus d'un bassin créant de la fraîcheur (par évaporation), ou alors aspire l'air frais du sous-sol (effet venturi)<sup>26</sup>.

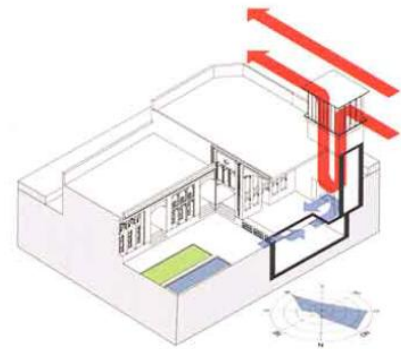


Figure 12: effet attrape vent  
<http://www.richard-tolouie.com>

### 2. Effet cheminée :

En absence du vent, la tour chauffée par le soleil réchauffe l'air contenu dans ses conduits (créant une thermo-circulation naturelle) , l'air chaud monte créant une aspiration en bas de la tour, permettant ainsi de ventiler la pièce.

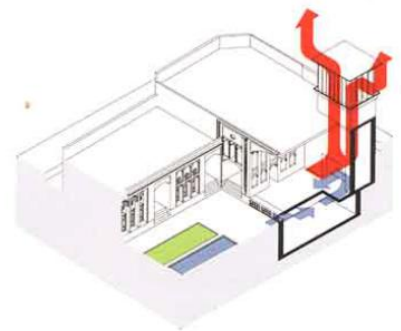


Figure 13: effet cheminée  
<http://www.richard-tolouie.com>

## • Le Malqaf :

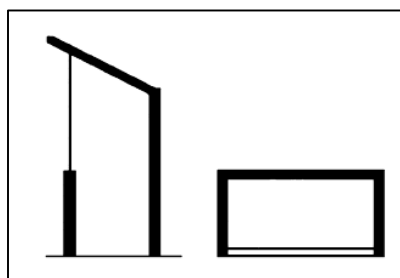
En Egypte le capteur à vent prend l'appellation de Malqaf, son utilisation remonte aux premiers temps historiques. En effet, il a été utilisé par les égyptiens dans les maisons de Tal Al Amarna et il a été représenté dans les peintures murales des tombeaux de Thèbes.

La ventilation naturelle et le refroidissement passif constituaient les deux caractéristiques principales dans l'architecture égyptienne. Dans la plupart des exemples d'habitat en Egypte, le Malqaf est placé au point le plus haut de la maison au-dessus d'une ouverture du toit afin de

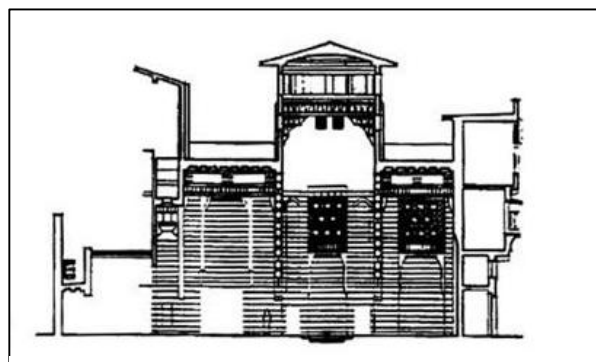
<sup>25</sup> RODITI, D. (2011) « Ventilation et lumière naturelles », Paris, Edition Eyrolles, p16.

<sup>26</sup> Effet Venturi: du nom du physicien italien Giovanni Battista Venturi), c'est le nom donné à un phénomène de la dynamique des fluides où les particules gazeuses ou liquides se trouvent accélérées à cause d'un rétrécissement de leur zone de circulation.

canaliser l'écoulement d'air dans la pièce principale.<sup>27</sup> Il comprend une ouverture orientée face aux vents dominants. La face supérieure comprend une pente de 30° afin de diriger l'air à l'intérieur. Le flux est entraîné dans une grande pièce, il est ensuite évacué à travers des ouvertures placées dans la partie supérieure de la pièce centrale généralement dotée d'une voûte. Un des malqafs les plus connus est celui construit par Moheb al din Shafie.<sup>28</sup>

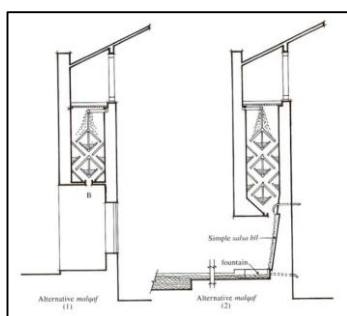


**Figure 14: Exemple de Malqaf perpendiculaire à la direction du vent dominant, avec une inclinaison de 30° en Egypte (Bahadori et Dehghani-sanij, 2014)**

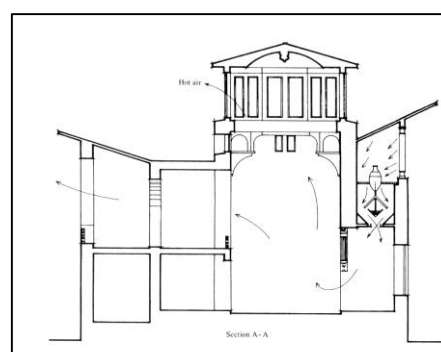


**Figure 15: un exemple d'un Malqaf construit par Qaaf Muhib Al-Din Al-Shafi au Caire en Egypte (Bahadori et Dehghani-sanij, 2014)**

La taille d'un Malqaf est déterminée par la température de l'air extérieur. Si la température de l'air est élevée, une plus petite taille est nécessaire, et si elle est faible, une taille plus grande est préférée. Afin d'augmenter l'humidité de l'air provenant du Malqaf, un Salsabil a également été introduit. Il s'agit d'une plaque en marbre décorée avec des motifs dotée d'une source d'eau<sup>29</sup>. L'architecte Hassan Fathy a également utilisé le Malqaf dans certains de ses projets avec le principe de captage de vent et rafraîchissement évaporatif par effet gargoulette.<sup>30</sup>



**Figure 16: Exemple de Malqaf utilisant Salsabil (fontaine), d'après Hassan Fathy (Rashed Khalifa Al-Shaali, 2002)**



**Figure 17: coupe d'un Malqaf avec principe de rafraîchissement évaporatif d'après Hassan Fathy (Izard, 2006)**

<sup>27</sup> Designing the *Malqaf* for Summer Cooling in Low-Rise Housing, an Experimental Study shady attia, andré de herde, Architecture et Climat, Université Catholique de Louvain, Louvain La Neuve, Belgium

<sup>28</sup> Mehdi N. Bahadori, Alireza Dehghani-sanij, 2014, "Wind towers : architecture, climate and sustainability"

<sup>29</sup> Abdel-moniem El-Shorbagy, "Design with Nature: Windcatcher as a Paradigm of Natural Ventilation Device in Buildings"2010

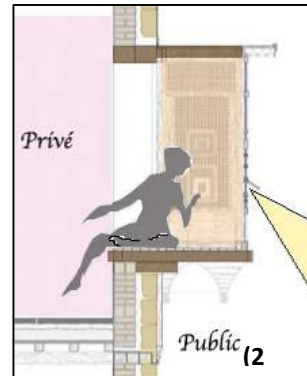
<sup>30</sup> Jean-Louis IZARD, « la ventilation naturelle des bâtiments » EnviroBAT-Méditerranée – Août 2006.

• **Le moucharabieh :**

Ce dispositif est très répandu dans l'architecture musulmane , il s'agit d'un grillage placé en façade, composé de pièces de bois assemblées, constituant des formes géométriques en fenestrons. Ce sont ces petits orifices qui donnent au moucharabieh sa fonction climatique, sociale et esthétique.<sup>31</sup> Le moucharabieh permet aux personnes qui sont à l'intérieur de voir à l'extérieur sans être vues.



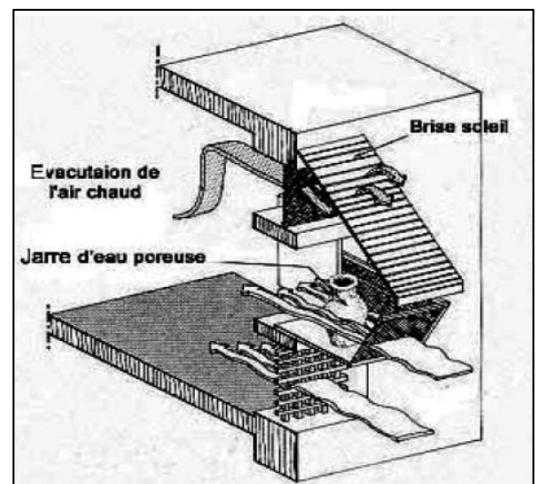
**Figure 18: Vue extérieure du moucharabieh cairote traditionnel d'après Ravereau. (Haj Hussein, 2012)**



**Figure 19: Coupe schématique dans le moucharabieh et l'intimité des femmes d'après Ficarelli. (Haj Hussein, 2012)**

Le moucharabieh permet également la ventilation naturelle de l'espace intérieur grâce à son maillage. En effet, la réduction de la surface produite par ce dernier, accélère le passage du vent. Ce dispositif peut être complété par des surfaces humides telles que la jarre, ce qui permet de rafraîchir l'air par l'évaporation de l'eau. L'air extérieur entre par le bas de l'ouverture se réchauffe, puis ressort par le haut de l'ouverture.<sup>32</sup>

« Le moucharabieh se présente souvent en saillie afin de profiter de trois façades augmentant ainsi la surface de contact avec le vent pour ventiler plus efficacement »<sup>33</sup>



**Figure 20: fonctionnement du moucharabieh d'après Izard, (Atek, 2012)**

<sup>31</sup> Maha GHANAM, 2003 , « Le système d'Aération dans les grandes demeures cairote et l'influence sociale égyptienne sous l'empire Ottoman du XVIe au XVIIIe siècle » mémoire de master, UNIVERSITE DE PARIS I - PANTHEON-SORBONNE, U. F. R. d'Art et d'Archéologie, p54.

<sup>32</sup> Atek amina, 2012, "mémoire de magister, "pour une réinterprétation du vernaculaire dans l'architecture durable, cas de la casbah d'Alger" Tizi Ouzou, mouloud Mammeri, p57.

<sup>33</sup> AIT KACI, Z. 2014. « L'apport de la cage d'escalier dans la ventilation naturelle : simulation thermo-aéraulique d'un habitat collectif en Algérie ». Thèse de Magister, Option Architecture et Développement Durable, Tizi Ouzou, p67.

### **3.2 Ventilation mécanique :**

« La ventilation mécanique consiste à recourir à des systèmes mécaniques pour apporter et/ ou extraire des flux d'air de manière forcée ce qui nécessite une consommation d'énergie (principalement électrique) »<sup>34</sup>

#### **Selon la définition de l'Institut national de santé publique du Québec :**

« La ventilation mécanique désigne tout dispositif comportant au moins un équipement motorisé d'évacuation et/ou d'alimentation forcée d'air. Elle a pour rôle de faciliter l'aération des pièces en évacuant l'air vicié et/ou en le renouvelant par de l'air frais provenant de l'extérieur. La ventilation mécanique peut se faire de façon locale (captage à la source), c'est-à-dire en évacuant les polluants lorsqu'ils sont émis et avant qu'ils ne se répandent à l'intérieur, ou de façon plus centrale, afin de diluer les polluants de sources diverses dans l'habitation ou de les déplacer d'un endroit à un autre (EPA, 1995). Enfin, la ventilation mécanique peut se faire de façon continue (échange d'air en continu) et par intermittence (soit par fonctionnement et arrêt de l'appareil à intervalles donnés ou sur une période de temps définie). »<sup>35</sup>

La ventilation mécanique est un dispositif qui fait recours à des systèmes mécaniques, ces derniers apportent et/ou extraient des flux d'air d'une manière forcée afin d'assurer le renouvellement et la qualité de de l'air intérieur. On distingue trois principaux types de ventilation mécanique :

- **La VMC simple flux par extraction :**

Ce système consiste à placer dans les pièces principales des entrées naturelles qui permettent l'arrivée de l'air, et des bouches d'extraction dans les pièces de service. L'air entrant traverse les pièces principales, il est ensuite évacué au niveau des pièces de service au moyen des bouches d'extraction, ces dernières sont raccordées à des conduits comportant un dispositif mécanique.

« Ce type de ventilation met le logement en légère dépression par rapport à la pression extérieure pour permettre d'aspirer l'air depuis l'extérieur par les entrées prévues à cet effet ». <sup>36</sup>

La VMC par simple flux permet l'extraction des polluants à la source d'émission souvent située dans les pièces de service.

---

<sup>34</sup> [Idem], p48

<sup>35</sup> « La ventilation des bâtiments d'habitation : impacts sur la santé respiratoire des occupants », Direction risques biologiques, environnementaux et occupationnels, Février 2006, p12.

<sup>36</sup> Herzog. B, 2010, « Le puits canadiens », Eyrolles, Paris, p35.

La VMC simple flux par extraction constitue le système de base de la réglementation française en matière de ventilation des logements, en revanche, en Algérie, ce système augmente le coût des logements collectifs, d'où le recours à la ventilation naturelle par conduits verticaux.

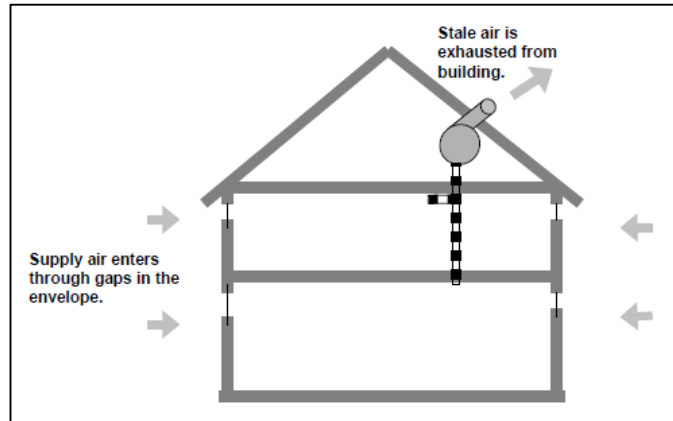


Figure 21: Ventilation mécanique simple flux par extraction (Russell, 2005)

- **la VMC simple flux par soufflage seul :**

La ventilation mécanique par soufflage seul consiste à insuffler l'air extérieur dans les pièces principales au moyen d'un ventilateur, l'air vicié est ensuite évacué par des bouches d'extraction naturelles dans les pièces de service et à travers les défauts d'étanchéité de l'enveloppe.

Le soufflage génère une surpression à l'intérieur de l'habitation, ce qui permet de limiter le transfert des polluants de l'air extérieur et les infiltrations d'air par les défauts d'étanchéité. Néanmoins, cette surpression peut accroître le risque de transfert d'humidité et de condensation dans les parois, ce qui nuit à la structure du bâtiment.

- **La ventilation mécanique contrôlée double flux :**

La ventilation mécanique contrôlée double flux consiste à combiner deux systèmes, à savoir le système d'insufflation d'air neuf (dans les pièces principales), et le système d'extraction d'air vicié (dans les pièces de service), ces deux systèmes sont composés de ventilateurs indépendants avec deux réseaux de conduits séparés.

La ventilation double flux permet une meilleure maîtrise des débits, et cela à travers la récupération de la chaleur de l'air vicié extrait et son utilisation pour réchauffer l'air neuf filtré venant de l'extérieur.

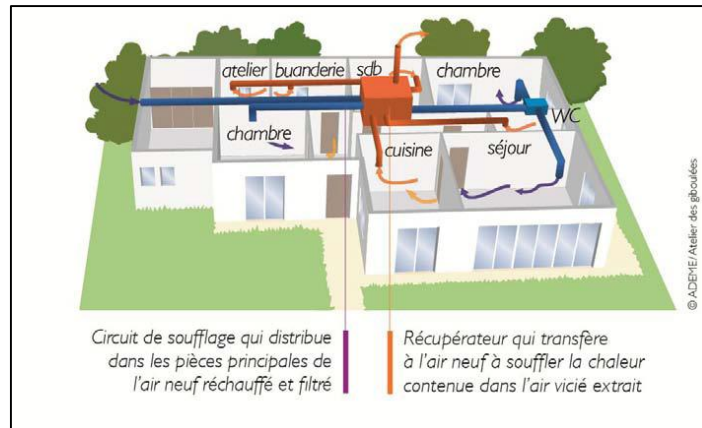


Figure 22: Ventilation mécanique double flux (ADEME, 2013)

- **Le puits canadien (puits provençal) :**

L'air destiné à la ventilation des locaux, passe dans un conduit enterré à 90 cm de profondeur avant d'être insufflé dans le bâtiment. A cette profondeur, la température du sol est beaucoup plus stable que celle de l'air extérieur, ce qui permet le rafraîchissement d'air en été.<sup>37</sup>

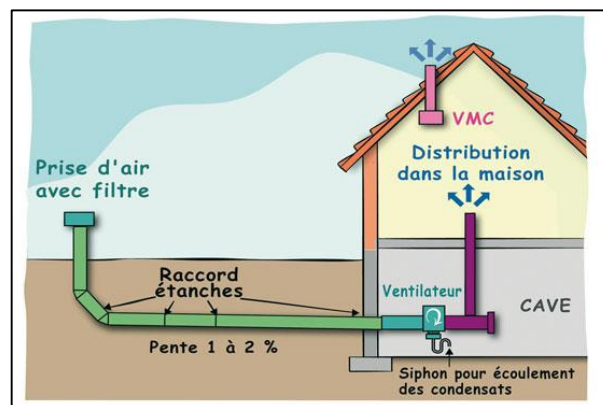


Figure 23: schéma de fonctionnement d'un puits canadien (Courgey et oliva, 2006)

### 3.3 Ventilation hybride

La ventilation hybride est un concept récent qui constitue une stratégie de ventilation combinant deux types de ventilation : naturelle et mécanique. Un mécanisme de régulation est mis en place, afin de gérer le passage d'un mode à un autre, il peut s'agir d'une sonde de température, d'un anémomètre ou d'un pressostat.

<sup>37</sup> S. COURGEY, J.P OLIVA , 2006 « La conception bioclimatique : Des maisons économes et confortables en neuf et en réhabilitation », terre vivante, France p240.

Ce système permet de minimiser la consommation d'énergie, et fournir une bonne qualité d'air à l'intérieur. En effet, il combine les avantages de la ventilation naturelle en termes d'entretien facile, faible consommation, avec les performances aérauliques de la ventilation mécanique. Il existe trois types de ventilation hybride :

### **3.3.1 Ventilation naturelle assistée**

La ventilation naturelle assistée consiste en un système de ventilation naturelle combiné à un ou plusieurs ventilateurs basse pression ( $dP < 50$  Pa) qui fonctionnent en extraction ou en insufflation. Ces ventilateurs permettent d'accroître la différence de pression afin d'assurer les débits d'air requis lorsque les forces du vent et du tirage thermique sont insuffisantes.<sup>38</sup>

### **3.3.2 Alternance de la ventilation naturelle et de la ventilation mécanique :**

Il s'agit de deux systèmes de ventilation complètement autonomes (système mécanique et système naturel) qui fonctionnent en alternance. En effet, la ventilation naturelle peut être dimensionnée afin de fonctionner durant les périodes intermédiaires, alors que la ventilation mécanique fonctionne durant la mi-été ou la mi-hiver. Ce système peut aussi fonctionner en alternance durant la journée, par le fonctionnement de la ventilation mécanique pendant les heures d'occupation, et la ventilation naturelle durant la nuit pour le rafraîchissement nocturne. Ce système d'alternance vise à minimiser la consommation énergétique et maximiser le contrôle ses usagers.

### **3.3.3 Ventilation mécanique assistée**

Ce principe est basé sur un système de ventilation mécanique qui permet l'optimisation des moteurs naturels, il s'agit en effet des systèmes de ventilation mécanique à très faibles pressions où le tirage thermique et l'effet du vent peuvent avoir une part considérable dans la dépression nécessaire aux différents débits d'air.

Le passage d'un mode à un autre est géré par un système de régulation et ce, afin de minimiser les dépenses énergétiques et garantir une bonne qualité des ambiances intérieures.<sup>39</sup>

---

<sup>38</sup> KOFFI, J. 2009. « **Analyse multicritère des stratégies de ventilation en maisons individuelles** ». Thèse de doctorat, Ecole doctorale Sciences pour l'Environnement et le Développement Durable (SEDD), France : Université de la Rochelle, p40.

<sup>39</sup> [Idem], p44.

#### 4. Optimisation de la ventilation :

En architecture, l'optimisation de la ventilation naturelle est très importante, et ce, dès le début de la conception. En effet, la conception architecturale globale d'un bâtiment détermine l'efficacité de la ventilation et son potentiel de refroidissement passif. Pour cela, le concepteur doit prendre en compte tous les paramètres relatifs à la ventilation du bâtiment : données climatiques, implantation du bâtiment, le choix de la stratégie de ventilation (dispositifs architecturaux, forme de l'édifice...) <sup>40</sup>.

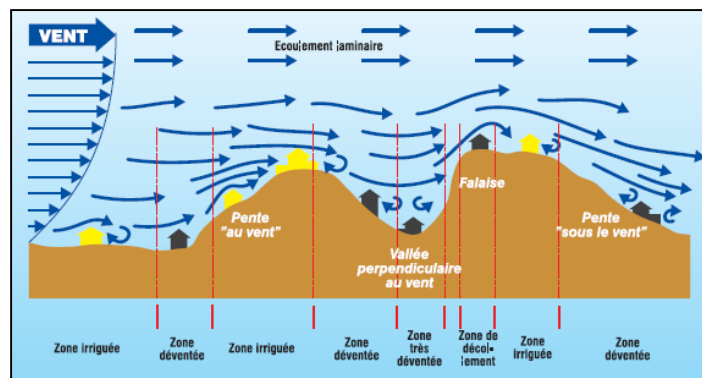
Etant donné que le bâtiment est intégré dans le milieu urbain, sa ventilation est influencée par l'environnement immédiat : la topographie, la végétation, les masses bâties...etc. En effet l'écoulement du vent change en fonction de ces différentes composantes du site. C'est pourquoi le concepteur doit prendre en considération les facteurs d'influence à l'échelle urbaine avant d'arriver à l'échelle architecturale.

#### Les facteurs d'influence :

- **La topographie :**

La topographie joue un rôle très important dans la ventilation car elle modifie le comportement du vent, notamment sa vitesse et sa direction, c'est pour cette raison que l'aménageur doit tenir compte de ses effets.

L'implantation la plus favorable pour optimiser la ventilation naturelle est « la zone irriguée » illustrée dans la **figure 24**.



**Figure 24: influence du relief sur le bâtiment**  
(Liébard, De Herde, 2005)

<sup>40</sup> AIT KACI, Z. 2014. « L'apport de la cage d'escalier dans la ventilation naturelle : simulation thermo-aéraulique d'un habitat collectif en Algérie ». Thèse de Magister, Option Architecture et Développement Durable, Tizi Ouzou.

- **L'environnement immédiat :**

Pour que la ventilation soit efficace à l'intérieur d'un bâtiment, le vent doit parvenir jusqu'aux abords immédiats de la construction sans être freiné par des obstacles d'une certaine hauteur. Dans un environnement urbanisé, l'interaction entre le vent et la masse bâtie crée des zones de dépression et de surpression qui se manifestent par des mouvements d'air locaux. Les dimensions, les formes et les juxtapositions des ensembles bâtis conditionnent la distribution du vent, en formant des obstacles ou en guidant le flux d'air, créant ainsi des effets aérodynamiques. En effet, l'écoulement de l'air autour d'un bâtiment varie en fonction de la géométrie et le volume de la construction, ainsi que la turbulence du vent.

- Les effets aérodynamiques dans le milieu urbain

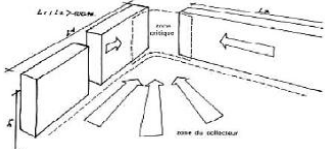
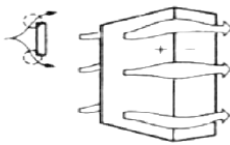
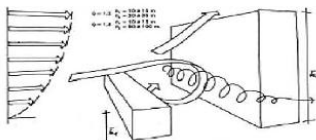
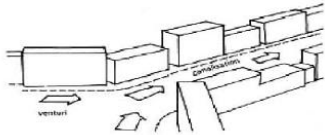
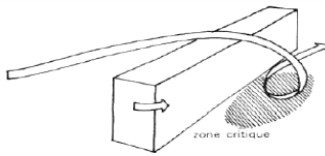
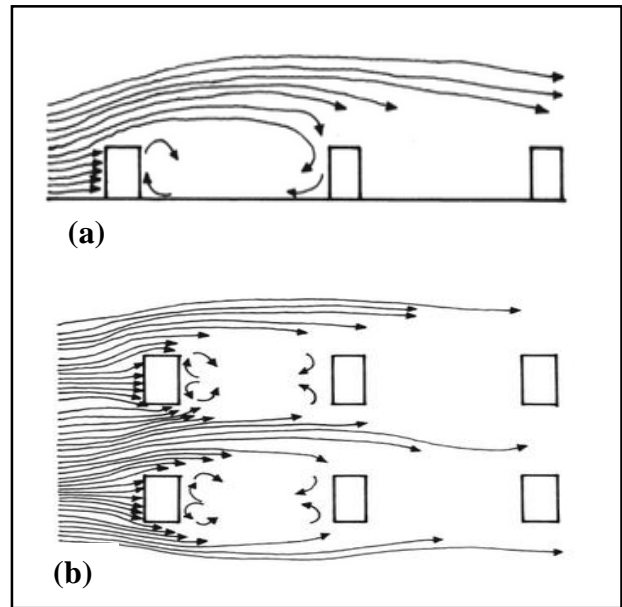
Effet aérodynamique	Explication
	<p>Effet venturi : il correspond à l'augmentation de la vitesse du vent du fait de rétrécissement du passage</p>
	<p>L'effet Coin est un phénomène d'accélération localisé à l'angle d'un bâtiment</p>
	<p>L'effet Wake : correspond à la création d'un rouleau tourbillonnaire devant un bâtiment élevé lorsque celui-ci voisine un bâtiment plus petit</p>
	<p>L'effet de canalisation apparaît lorsqu'un ensemble construit forme un couloir</p>
	<p>L'effet barre est caractérisé par une déviation en vrille de l'écoulement au passage d'une barre</p>

Figure 25: les effets aérodynamiques dans le milieu urbain, (Liébard, De Herde, 2005)

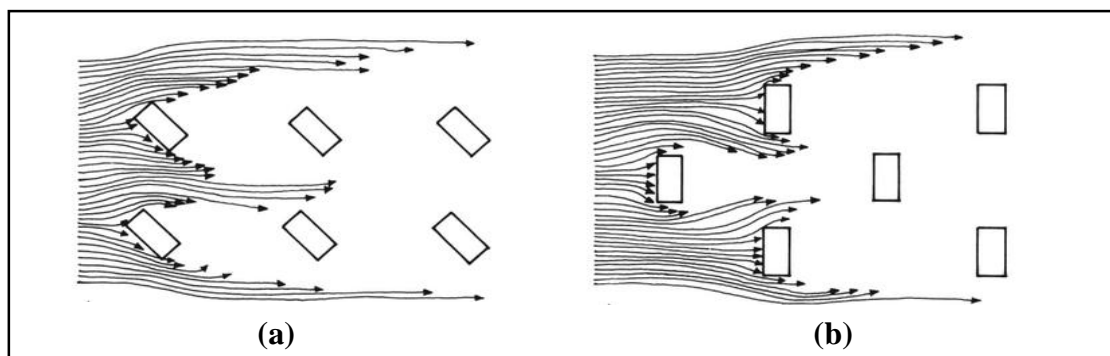
• **Implantation des bâtiments :**

Lorsque les rues sont parallèles à la direction du vent, elles forment des canaux libres de tout obstacle, par lesquels le flux d'air peut pénétrer profondément dans la zone urbaine, néanmoins, si les distances minimales entre les bâtiments ne sont pas suffisantes, chaque bâtiment risque de provoquer un effet de masque sur celui qui se trouve en aval dans le sens de la direction du vent. En effet, les zones qui se situent entre les bâtiments peuvent empêcher l'air de s'écouler vers les rangées derrière créant par la même des zones d'air mortes, et affectant la ventilation des bâtiments derrière.<sup>41</sup>



**Figure 26 :** (a) implantation parallèle des bâtiments. (b) rues parallèles à la direction du vent, (Vitton, 2010)

L'inclinaison des bâtiments par rapport à la direction des vents leur assure une meilleure protection, notamment en hiver (**Figure 26.a**). La disposition des bâtiments en quinconce paraît avantageuse, elle permet d'optimiser la ventilation en profitant des brises d'été **figure 26.b**).

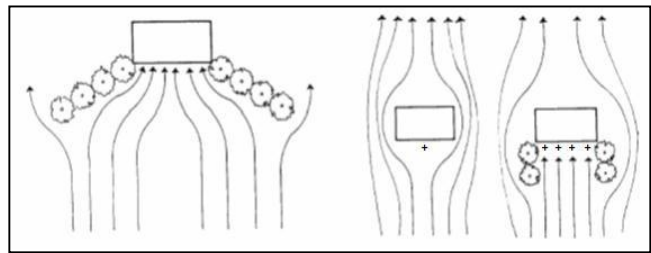


**Figure 27: Influence de l'implantation des bâtiments,** (Vitton, 2010)

<sup>41</sup> Vitton, R. « Bâtir : Manuel de la construction », 2<sup>e</sup> édition, France, PPUR, 2010, p33.

- **La végétation :**

Un groupement d'arbres peut canaliser l'écoulement de l'air, et freiner considérablement les vents dominants en hiver en jouant le rôle de déflecteur.



**Figure 28: amélioration de la ventilation naturelle à travers la végétation selon Pacer (Ait kaci, 2014)**

A l'échelle architecturale, plusieurs stratégies de ventilation ont été mises en place afin d'améliorer la ventilation des bâtiments telles que : la réduction de la profondeur du plan, la maximisation de la perméabilité de l'enveloppe à travers les ouvertures, la minimisation des obstructions internes, l'augmentation de la taille des ouvertures, l'orientation par rapport aux vents dominants ainsi que l'utilisation de l'effet du tirage.<sup>42</sup>

La configuration architecturale d'un bâtiment et en particulier le positionnement et la forme des ouvertures, des balcons et des cloisons internes, jouent un rôle très important dans la direction de l'écoulement du flux, et détermine la vitesse de l'air ainsi que les conditions du confort à l'intérieur.

D'importantes recherches ont été menées pour tenter d'optimiser la ventilation naturelle à travers des paramètres architecturaux<sup>43</sup> :

- Il est préférable d'orienter le bâtiment à un angle oblique par rapport aux vents dominants, que de l'orienter perpendiculairement à la direction du vent.
- Les fenêtres de formes horizontales sont privilégiées par rapport aux fenêtres de formes verticales.

- **Orientation des fenêtres par rapport au vent :**

Deux facteurs influencent le flux d'air traversant une pièce à savoir la distribution des pressions autour d'un bâtiment et l'inertie de l'air déplacé.

Sous l'effet du vent, quand il s'agit d'une ventilation transversale, le flux d'air traverse le local allant de la zone de haute pression (façade exposée au vent) vers la zone de basse pression (façade sous le vent). Il dépend donc de la direction initiale de l'air entrant.

<sup>42</sup> AWBI, Hazim B. 2003, "Ventilation of buildings",. Londres et New-York : Edition n°2, Spon press,522 p.

<sup>43</sup> [Idem], 522p.

Lorsque l'ouverture de sortie n'est pas située sur l'axe d'entrée par rapport à la direction du flux, celui-ci poursuit son écoulement jusqu'à ce qu'il rencontre un mur (obstacle), il est donc dévié vers l'ouverture. Il est également à noter que la position de l'ouverture de sortie du flux d'air n'influence pas beaucoup la ventilation transversale; contrairement à la position de celle d'entrée qui est nettement plus importante pour assurer une bonne ventilation.<sup>44</sup>

Les façades sur lesquelles sont situées les ouvertures d'entrée d'air ne doivent pas être obligatoirement orientées perpendiculairement au vent. « On peut obtenir des conditions de ventilation satisfaisantes pour les angles allant de 50° de part et d'autre de la direction du vent »<sup>45</sup>.

Givoni a montré que si des fenêtres sont placées à 45° par rapport à la direction du vent, la vitesse moyenne d'air d'intérieur est augmentée et une meilleure distribution de mouvement d'air intérieur est fournie.

Si deux fenêtres sont situées sur les murs adjacents, une meilleure ventilation est obtenue lorsque la direction du vent est perpendiculaire à l'ouverture d'entrée (**Figure 29.a**). Lorsqu'il s'agit d'une ventilation mono latérale, une dissymétrie de la position de l'ouverture sur la façade peut changer la répartition des pressions et par conséquent la direction du flux (**Figure 29.b**).

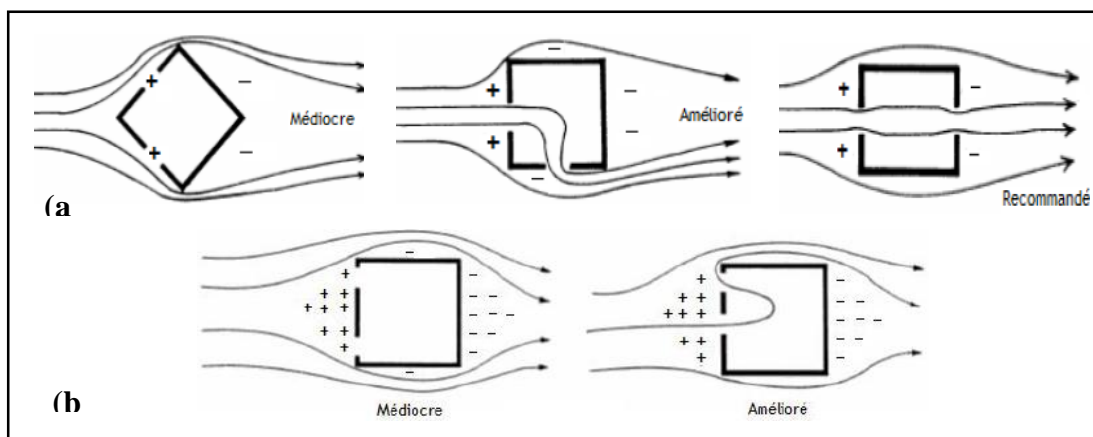


Figure 29: Influence du positionnement des ouvertures, d'après Pacer (Ait Kaci, 2014)

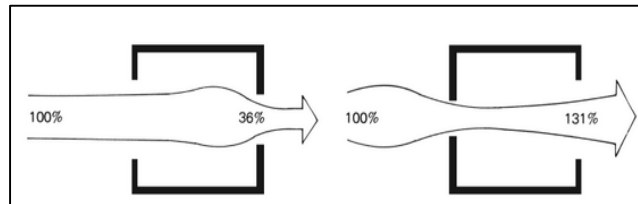
<sup>44</sup> Vitton, R. « Bâtir : Manuel de la construction », 2<sup>e</sup> édition, France, PPUR, 2010, p34.

<sup>45</sup> [Idem], p34.

- **Dimension des fenêtres :**

Si la dimension de l'entrée est plus grande que la sortie, la vitesse du vent est réduite; à l'inverse, si la dimension de l'entrée est plus petite, la vitesse de sortie du vent est augmentée.

La vitesse maximale est obtenue lorsque la taille de l'ouverture de sortie est égale à une fois et demie la taille de l'ouverture d'entrée.



**Figure 30: Influence de la taille des ouvertures sur la vitesse du vent (vitton, 2010)**

- **Mode d'ouverture des fenêtres :**

Les fenêtres pivotantes verticales et les fenêtres classiques ouvrant vers l'intérieur ou l'extérieur, permettent de contrôler la quantité et la direction du flux d'air. Il faut placer ces fenêtres à la hauteur voulue afin d'avoir la ventilation souhaitée.

Les fenêtres basculantes horizontales, permettent de diriger le flux d'air vers le haut ; ce type de fenêtre doit être placé le plus souvent au-dessous du niveau où rentre le flux d'air.

Les fenêtres coulissantes permettent au flux d'air entrant de poursuivre sa course horizontalement, néanmoins, leur surface libre ne représente que la moitié de la surface totale vitrée.

- **Les déflecteurs :**

Certains dispositifs architecturaux peuvent modifier le flux à l'intérieur d'une pièce, même si la disposition des ouvertures est identique, il s'agit des déflecteurs:

- Un auvent plein peut introduire une dissymétrie dans la répartition des pressions orientant ainsi le courant d'air vers le haut;
- Un intervalle, même modeste, entre l'auvent et la façade rétablit la symétrie.
- Le flux d'air est dirigé par l'avant-toit sous l'ouverture d'entrée ; ceci augmente la vitesse du flux à l'intérieur de la pièce.

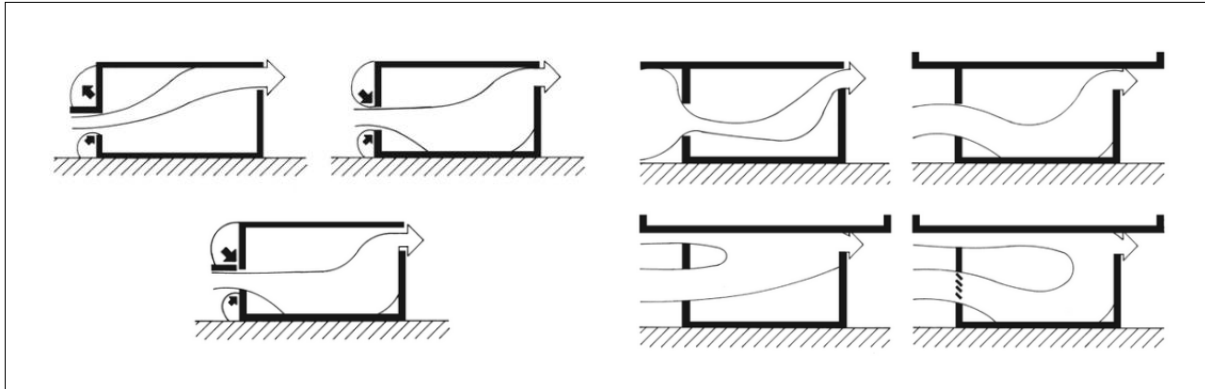


Figure 31: Influence des déflecteurs sur l'écoulement de l'air (vitton, 2010)

- **La subdivision de l'espace intérieur :**

Pour que la ventilation soit efficace à l'intérieur d'une construction, il ne suffit pas que celle-ci soit exposée au vent, mais il faut que le vent puisse la traverser. En effet les subdivisions intérieures (les cloisons), constituent des obstacles qui modifient la distribution du flux et réduisent la vitesse du vent de 30 à 40 %. <sup>46</sup>

Lorsque une cloison perpendiculaire à l'écoulement d'air est inévitable, il est préconisé de la rapprocher de la sortie d'air afin d'optimiser la ventilation ; à l'inverse, si la cloison est plus proche de l'entrée d'air, le flux est contraint de changer de direction aussitôt entré, limitant ainsi la ventilation. Le positionnement des cloisons doit être étudié pour pouvoir répartir le flux d'air et limiter les zones non ventilées.

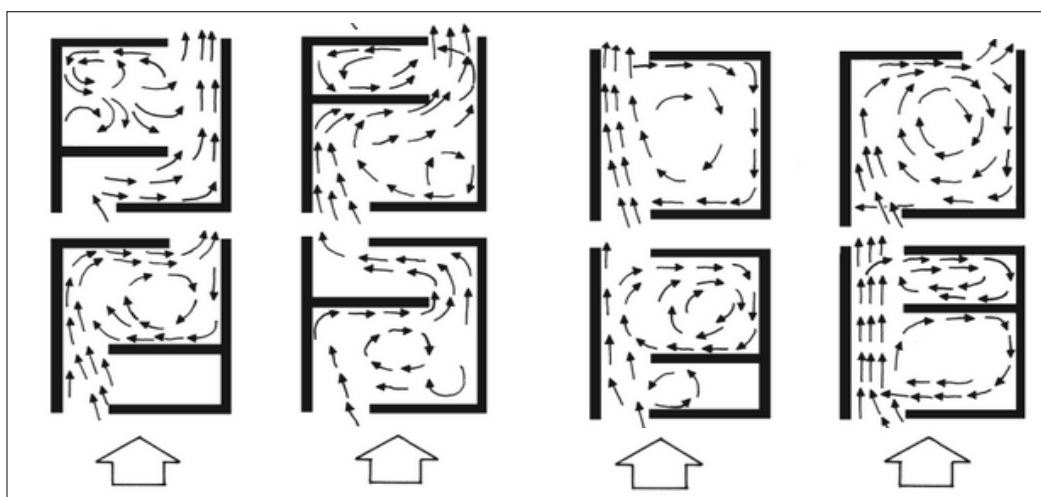


Figure 32: Influence des subdivisions à l'intérieur sur l'écoulement de l'air (Vitton, 2010)

<sup>46</sup> Vitton, R. « Bâtir : Manuel de la construction », 2<sup>e</sup> édition, France, PPUR, 2010, p38.

## **5. L'impact de la ventilation sur la qualité de l'air dans les logements**

### **5.1 La qualité de l'air intérieur :**

La qualité de l'air intérieur (QAI) a fait l'objet de plusieurs études, notamment à l'intérieur des habitations. En effet le logement est le nid de différentes sources de polluants, ces derniers représentent le facteur principal qui influe sur la qualité de l'air intérieur, tout comme le confort thermique, le taux de renouvellement de l'air intérieur ou encore la qualité de l'air extérieur.<sup>47</sup>

La qualité de l'air intérieur a donc un impact sur notre santé (asthme, maux de tête, ...), sur notre performance au travail, de ce fait, garantir une bonne qualité de l'air constitue l'objectif prioritaire de la ventilation.

Une bonne qualité de l'air répond à certaines exigences en termes de confort, mais aussi en termes de santé. Ces exigences se présentent comme suit :

- **Une température de confort :** Cette température varie en fonction de la personne, des activités exercées, des saisons et de la fonction de la pièce. En moyenne la température de confort pour les pièces de vie se situe entre 19 et 22°C en hiver, et entre 22 et 26°C en été. Dans les pièces comme le hall, les pièces humides, voire même les chambres, 15°C peuvent suffire en hiver.
- **Un taux d'humidité agréable :** L'humidité relative moyenne se situe entre 40 et 60%.
- **Absence de pollutions :** chimiques, physiques ou biologiques

L'air intérieur peut être pollué ou contaminé par différentes sources (La présence d'organismes vivants, les activités humaines, le comportement des habitants, ainsi que les appareils).<sup>48</sup>

### **5.2 Effet d'aération**

L'aération influe sur plusieurs domaines de la physique du bâtiment :

- **La qualité de l'air** (dans le cas d'une insuffisance d'aération, on observe la présence d'une mauvaise odeur, une grande concentration de vapeur d'eau, ainsi que des polluants) d'où les conséquences sur la santé des occupants.
- **Les problèmes d'humidité** (risque de condensation dans les endroits froids, moisissures...etc.) ce qui influence la durabilité du bâtiment.
- **La déperdition de chaleur** (dans le cas d'une forte aération), ce qui induit une consommation d'énergie exagérée.

---

<sup>47</sup> MAZZUOLI, L.S « la pollution de l'air intérieur, sources- effets sanitaires et ventilation », paris, 2009, 265p

<sup>48</sup> Outil d'aide « aération et ventilation naturelle de logements existants et de rénovations à Bruxelles » 2006

- **Le confort thermique** (mauvais confort thermique), notamment lorsque qu'il y a des courants d'air.

### **5.3 Conditions pour assurer la qualité d'air**

Afin d'assurer une bonne qualité d'air, il est impératif de respecter les deux conditions principales, à savoir :

- La limitation de l'intensité des sources de polluants :

Toute source de polluants doit être évitée, notamment les matériaux dégageant des polluants. Les occupants sont aussi considérés comme polluants et cela à travers leurs différentes activités, d'où la nécessité d'aérer après les repas, au lever, après une dernière cigarette...etc.

- Le contrôle des débits d'air :

Le débit de ventilation doit être suffisant afin d'assurer une bonne qualité d'air. Le contrôle peut se faire manuellement (ouverture de fenêtres, enclenchement d'un ventilateur) ou à travers des capteurs de polluants qui maintiennent le débit nécessaire, pour cela, des indicateurs sont utilisés tels que le gaz carbonique, la vapeur d'eau et les composés organiques combustibles. Pour assurer le contrôle de l'air, l'étanchéité de l'enveloppe doit être assurée.

**CHAPITRE 02 : LA VENTILATION  
DANS LE LOGEMENT COLLECTIF A  
TRAVERS LA REGLEMENTATION  
ALGERIENNE**

## **Introduction**

Dans ce chapitre, il s'agit d'étudier la réglementation algérienne concernant la ventilation ; en l'occurrence le document technique réglementaire DTR C3.31 intitulé « ventilation naturelle dans les locaux à usage d'habitation », et ce, en comparaison avec les réglementations à travers le monde, où nous allons essayer de présenter la logique ou les approches, voire même les enjeux lors de l'établissement des cadres réglementaires, avant de faire une lecture de la réglementation algérienne, puis la comparer à d'autres réglementations à travers le monde.

### **1. Enjeux réglementaires entre santé, qualité et efficacité**

La ventilation peut avoir une incidence directe sur la qualité hygiénique des habitations, ainsi que sur le coût de leur exploitation, c'est pourquoi les réglementations liées à la ventilation sont souvent établies suivant une double approche :

- ***Une approche sanitaire*** : relative à la qualité d'air intérieur.
- ***une approche énergétique*** : relative à la réduction des déperditions énergétiques dues au renouvellement de l'air.

Donc, une ventilation de qualité est celle qui tente de combiner ce double enjeu, d'une part : réduire la consommation énergétique, puisque le secteur du bâtiment en général et de l'habitat en particulier reste l'un des plus énergivores, en cherchant les dispositifs les plus efficaces ; et d'une autre part, assurer des niveaux de ventilation nécessaires et convenables pour protéger la santé des habitants.

Cependant, les niveaux de qualité et de performance d'une ventilation peuvent aller du strict nécessaire en tant que seuil inférieur, jusqu'à des niveaux de confort et de bien-être plus importants, et parfois même éviter des seuils d'inconfort (*débits de renouvellement forts et gênants*), et c'est ce qui expliquerait l'existence de « minima » dans les normes de ventilation, mais également de « maxima » dans certains pays (*voir figure 33*).

Ces seuils sont établis en se basant sur des études, qui affinent davantage les exigences relatives à la ventilation, en identifiant et en maîtrisant de mieux en mieux les sources de polluants dans les bâtiments et leurs niveaux de concentration, pour mettre en place les normes et les règlements nécessaires, appelés généralement « qualité de l'air intérieur » (QAI), où des débits d'air sont également préconisés.

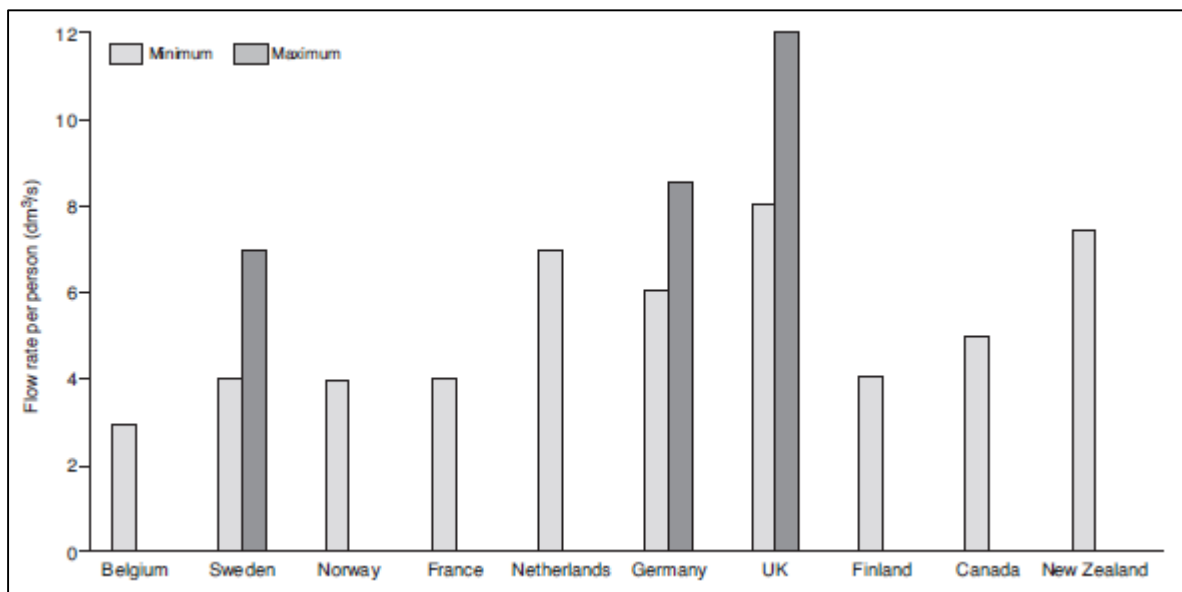


Figure 33: débits requis par personne dans les logements (norme TIP -Vent 2000), Wouters, 2006

Outre la qualité de l'air intérieur, la réglementation en matière de ventilation, traite aussi de la problématique de l'efficacité énergétique des systèmes de ventilation. Elle constitue un instrument important dans la stimulation des systèmes de ventilation économes en énergie, en déterminant les seuils et les débits de ventilation, par le croisement de la courbe de confort ventilatoire avec celle de la consommation énergétique, c'est pourquoi les réglementations encouragent généralement le recours à la ventilation naturelle autant que possible.

## **2. Lecture de la réglementation algérienne**

### **2.1.Présentation :**

Le DTR C3.31 constitue la seule référence normative concernant la ventilation naturelle dans les logements en Algérie. Il s'inscrit dans la série des documents techniques réglementaires de conception (DTR-C), élaborés par le centre national d'étude et de recherches intégrées du bâtiment (CNERIB) dans un souci d'efficacité énergétique, objet de préoccupation contenu dans la loi 99-90 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise d'énergie dans le secteur du bâtiment.

Ce document est destiné aux professionnels du bâtiment (architectes, ingénieurs...etc.), il définit les principes généraux au cours de l'élaboration des projets de bâtiments.

Le DTR a pour objet de définir les principes généraux lors de la conception des installations de ventilation naturelle ainsi que les méthodes de calcul qui permettent le dimensionnement de ces installations.

Le DTR ne prend pas en charge les conduits de fumées d'évacuation des produits de combustion des appareils à gaz, et les systèmes de désenfumage.

## **2.2. Domaines d'application, caractéristiques et contenu**

Les bâtiments concernés par le DTR C3.31 sont :

- Les constructions neuves à usage d'habitation
- Les parties des constructions neuves destinées au logement
- Les bâtiments et parties de bâtiments à l'origine non destinés à l'habitation et transformés en constructions à usage d'habitation.

Le DTR C3.31 est composé de quatre chapitres qui traitent respectivement :

### **2.2.1. Les dispositions générales**

C'est-à-dire les caractéristiques du système de ventilation et ses composants :

La ventilation doit pouvoir être permanente, notamment lorsque la température extérieure oblige à maintenir les ouvrants fermés. La ventilation doit être :

- générale, c'est-à-dire le même air sert à ventiler successivement plusieurs pièces.
- Réduite en cas de nécessité (pièces non occupées)

### **2.2.2. Les dispositifs d'amenée d'air**

Les dispositifs d'amenée d'air sont assurés soit par la perméabilité à l'air des ouvrants, soit par la perméabilité à l'air des ouvrants complétés par des orifices d'entrée d'air. Ces amenées d'air sont recommandées dans les pièces principales, à savoir le séjour et les chambres à coucher.

Les orifices d'entrée d'air ont plusieurs caractéristiques :

- leur emplacement : au niveau de la façade extérieure à une hauteur minimale de 1.8m du plancher. Ils peuvent être placés dans le linteau, le mur, l'encadrement de la fenêtre, le coffre de volet roulant ...etc. cet emplacement permet à l'air frais entrant de se mélanger rapidement avec l'air chaud.
- leur type : auto réglable

- leur module : représenté par un débit d'air en m<sup>3</sup>/h qui le traverse sous une pression de 20 Pa

Le dimensionnement des amenées d'air doit assurer un débit de 30 à 45 m<sup>3</sup>/h par chambre, et 45 à 60m<sup>3</sup>/h pour le séjour.

Le débit d'air  $q_f = C \times A \times \Delta P^{2/3}$  [m<sup>3</sup>/h]

- C (en m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>.Pa<sup>2/3</sup>) est la perméabilité surfacique de l'ouvrant, c'est-à-dire le débit d'air traversant 1 m<sup>2</sup> de paroi sous une différence de pression de 1 Pa
- A (en m<sup>2</sup>) est la surface en tableau de l'ouvrant
- ΔP (en Pa) est la différence de pression de part et d'autre de la paroi, dans le DTR, ΔP=20Pa

### **2.2.3. Les dispositifs de transfert d'air :**

Les dispositifs de transfert d'air sont en nombre de trois, à savoir, les grilles insérées dans les murs intérieurs, les grilles insérées dans les portes intérieures, et les fentes prévues sous les portes, ces dernières doivent avoir au minimum 3 cm pour les portes desservant une cuisine et 1.5 cm pour les autres portes intérieures. Les grilles insérées dans les portes doivent avoir une section minimale de 250 cm<sup>2</sup> pour les portes de cuisines, et 120 cm<sup>2</sup> pour les autres portes intérieures.

### **2.2.4. Les conduits verticaux pour l'évacuation de l'air**

Les conduits verticaux présentés par le DTR sont de deux types : les conduits verticaux individuels (qui ne peuvent être branchés que dans une seule pièce), ils sont préconisés pour les maisons individuelles, et les conduits verticaux collectifs (qui sont reliés à plusieurs pièces et qui se situent à des niveaux différents), qui sont préconisés pour les immeubles d'habitation. Les conduits collectifs sont composés d'un collecteur principal et les raccordements au collecteur. Dans le cas des immeubles d'habitation, les conduits verticaux collectifs doivent être de type shunt avec un départ des raccordements d'au moins 2 mètres, ils doivent desservir les cuisines séparément des SDB et des WC. Ces conduits ne doivent pas dépasser la hauteur de huit niveaux, avec une ventilation assurée par un conduit individuel au dernier niveau.

### 2.3. Dimensionnement des conduits et des grilles d'extraction d'air

Le dimensionnement des conduits dépend de leurs types ; en effet lorsqu'il s'agit des conduits collectifs, le dimensionnement est obtenu à partir du débit d'air estimé à l'aide de l'abaque illustré dans la (voir figure 34), à la section déterminée, il faut ajouter 100 cm<sup>2</sup>.

Quand il s'agit des conduits et des raccords individuels sur conduit collectif, les dimensions sont indiquées sur le tableau en cm<sup>2</sup> à  $\pm 20\%$ .

Il est à noter que les sections de raccords individuels doivent être autant que possible carrées ou circulaires, si elles sont rectangulaires, le grand côté du rectangle ne doit pas dépasser 1.6 fois le petit côté.

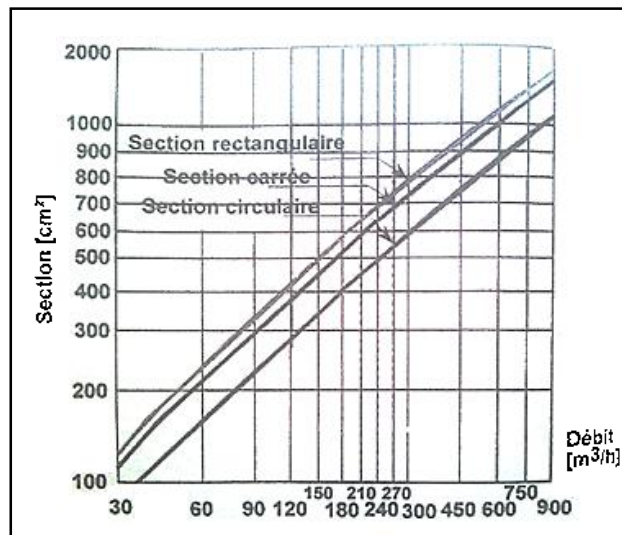


Figure 34: abaque des débits en tirage naturel d'un conduit collectif en fonction de sa section (DTR C3.31 , 2006)

Nombre de pièces principales du logement	Cuisine			SDB			Autre salle d'eau			Cabinet d'aisances		
	○	□	▭	○	□	▭	○	□	▭	○	□	▭
1	120	155	165	60	70	80				60	70	80
2	120	155	165	60	70	80	60	70	80	60	70	80
3	160	210	230	80	100	110	60	70	80	60	70	80
4	175	230	240	80	100	110	60	70	80	80	100	110
5 et plus	190	250	265	80	100	110	60	70	80	80	100	110

○ : section circulaire ; □ : section carrée ; ▭ : section rectangulaire

Tableau 1: section des conduits individuels et des raccords (DTR C3.31 , 2006)

Nous remarquons que les sections circulaires requièrent moins d'espace par rapport aux autres sections, par le fait qu'elles minimisent les pertes de débits, et maintiennent une fluidité pour la circulation de l'air. Cependant, pour des raisons d'esthétique ou pratique, les autres types de conduits restent des choix possibles selon le cas.

#### 2.4. Débits extraits :

En Algérie, Les dispositifs d'extraction doivent satisfaire les exigences des débits extraits indiqués dans le tableau suivant :

Nombre de pièces principales du logement	Débits extraits en m <sup>3</sup> /h			
	Cuisine	Salle de bain	Autre salle d'eau	WC
1	75	15	15	15
2	90	15	15	15
3	105	30	15	15
4	120	30	15	30
5 et plus	135	30	15	30

**Tableau 2: débits extraits (DTR C3.31 , 2006)**

Nous remarquons que les extractions sont requises dans les espaces humides et dont l'air est plus souvent vicié de par la nature de l'usage et du service, et qui sont souvent mal ou non aérés naturellement (taille des ouvertures), d'où le recours à l'extraction.

#### 2.5. Constat de lecture

La lecture du DTR C3.31 « ventilation naturelle, locaux à usage d'habitation », nous a permis de constater que celui-ci traite de la ventilation naturelle d'un point de vue purement technique, et ce, en donnant des normes standards, relatives à l'aspect sanitaire uniquement, sans prendre en charge les besoins de ventilation relatifs au refroidissement, notamment en été, et qui diffèrent nettement des besoins de ventilation en hiver.

Il est aussi à noter, que ce document s'applique à toutes les habitations quelle que soit la zone climatique, sachant que le climat du pays diffère d'une région à une autre, nécessitant ainsi des besoins de ventilation différents.

L'opposabilité de cette réglementation est théoriquement effective, puisqu'on a constaté dans quelques cahiers de charge de projets de logements collectifs l'inscription d'un chapitre ou d'une clause relatifs aux niveaux et aux débits de ventilation requis dans les différents espaces des logements, conformément à la réglementation, mais qui ne sont jamais vérifiés ni en amont par simulation pendant la conception, ni en aval après réalisation.

### **3. L'exemple algérien comparé aux exemples étrangers**

Il s'agit de donner un aperçu sur les normes et les réglementations étrangères relatives à la ventilation, ainsi que de situer la réglementation algérienne par rapport à elles.

#### **3.1. La réglementation française <sup>49</sup> :**

La législation française en matière de ventilation a connu plusieurs évolutions. En effet, l'intérêt porté à la réglementation de la ventilation a commencé à prendre place dès 1937 ; tout d'abord elle concernait les cabinets d'aisances, il s'agissait d'imposer la ventilation permanente de ces derniers ; concernant les autres pièces du logement, la ventilation se faisait uniquement à travers les ouvertures, ce n'est qu'à partir de l'arrêté du 14 novembre 1958, relatif à l'aération des logements qu'a été fixé les dispositifs ayant pour objectifs d'assurer en permanence le renouvellement d'air des pièces principales et des cuisines ainsi que l'institution d'un système d'aération par pièce en l'occurrence les grilles de ventilation Basses et Haute. En 1969, l'arrêté du 22 octobre, a marqué la ventilation en France, et ce, en fixant le principe de la ventilation générale à travers les conduits du tirage thermique ou à travers un dispositif mécanique, la mise en place d'une obligation de maîtrise des débits, ainsi que la généralisation de la ventilation mécanique contrôlée (VMC). Toutefois, l'arrêté du 24 mars 1982 reste la référence de la réglementation française, et ce, en introduisant la notion de modulation des débits d'extraction tout en maintenant le principe de ventilation générale et permanente.

---

<sup>49</sup> Mario Muré, « rénovation écologique », école nationale supérieure d'architecture de Lyon, 2011, p24-p26.

Nb pièces principales	Débits extraits exprimés en m <sup>3</sup> /h				
	Cuisine	Salle de bain	Autre salle d'eau	WC unique	WC multiple
1	75	15	15	15	15
2	90	15	15	15	15
3	105	30	15	15	15
4	120	30	15	30	15
5 et plus	135	30	15	30	15

**Tableau 3: débits minimaux pour chaque pièce, en fonction du nombre de pièces de l'habitation fixés par l'arrêté du 24 mars 1982 (<http://www.aldes.fr>)**

### 3.2. La réglementation en Belgique :

En Belgique, il s'agit de la norme NBN D50-001 « Dispositifs de ventilation dans les bâtiments d'habitation » ; cette norme, qui existe depuis 1991, impose certaines mesures et fournit des lignes directrices pour garantir une ventilation correcte des bâtiments à caractère résidentiel, les exigences et les recommandations de la norme s'appliquent aux :

- Nouvelles habitations ou aux nouveaux immeubles d'habitation
- Parties des constructions neuves destinées au logement ;
- Parties de bâtiments destinés à l'hébergement ou à l'habitation (hôpitaux, maisons de repos, hôtels, prisons, etc.) ;
- Bâtiments existants qui ne sont pas destinés à l'habitation mais qui sont transformés en immeubles d'habitation.

Dans la norme belge, les pièces d'habitation, les cuisines, les salles de bain, les WC, et les buanderies sont soumis aux exigences de la ventilation de base. Outre ces pièces, les autres locaux font l'objet d'exigences spécifiques (les couloirs et cages d'escaliers communs dans les immeubles collectifs ; les locaux de stockage des ordures ménagères ; les gaines et cabines d'ascenseurs ; les garages ...etc.). Les normes minimales en matière d'aération se présentes comme suit :

- Les locaux habitables et les salles de bains, salles de douche, buanderies et WC, doivent être munis d'une ventilation de base réalisée par:
- soit une fenêtre qui s'ouvre sur l'extérieur, soit une évacuation de l'air vicié par une ouverture qu'il est possible de fermer, et qui donne sur l'extérieur ou qui est reliée à un conduit donnant sur l'extérieur
- Soit une extraction mécanique de l'air vicié au moyen d'un ventilateur électrique qui donne directement sur l'extérieur ou qui est relié à un conduit donnant sur l'extérieur.
- L'apport d'air frais doit toujours être assuré en quantité égale à l'évacuation d'air.

	AMENÉE D'AIR NEUF	EVACUATION D'AIR VICIÉ
Règle générale	3,6 m <sup>3</sup> /h par m <sup>2</sup> de surface au sol	
AVEC POUR LIMITES PARTICULIÈRES :		
Living	min. 75 m <sup>3</sup> /h, max. 150 m <sup>3</sup> /h	
Chambres, locaux d'études et de jeux	min. 25 m <sup>3</sup> /h max. 36 m <sup>3</sup> /h par pers	
Cuisines fermées, S.D.B, buanderies		min. 50 m <sup>3</sup> /h, max. 75 m <sup>3</sup> /h
Cuisines ouvertes		min. 75 m <sup>3</sup> /h
W.-C.		25 m <sup>3</sup> /h

Tableau 4: Exigences de débits de ventilation de base selon la NBN D50-001

### 3.3. La réglementation aux Etats-Unis :

La norme ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) 62-1981 est la plus connue et fait office de code modèle à travers le monde.

○ La norme ASHRAE 62-1999 (Ventilation for acceptable indoor air quality) a été conçue pour les espaces commerciaux, institutionnels et résidentiels; elle s'applique à tous les espaces intérieurs fermés et occupés par des personnes. Cette norme fournit des taux de ventilation requis en litres par seconde (l/s) par personne. Ainsi, selon cette norme, l'air intérieur d'un logement doit être renouvelé à raison de 0,35 rah (renouvellement d'air par heure) sans être inférieur à 7,5 l/s par personne. Les cuisines et les salles de bain doivent être équipées d'un système de ventilation mécanique d'extraction ou peuvent être ventilées de façon naturelle, lorsqu'elles sont dotées de fenêtres ouvrables. Cette norme recommande les débits illustrés dans le (tableau 5).

Débit de ventilation continu par pièce	Capacité d'extraction occasionnelle pour SDB	Capacité d'extraction occasionnelle pour cuisine	Capacité d'extraction globale
18 m <sup>3</sup> /h	90 m <sup>3</sup> /h	180 m <sup>3</sup> /h	270m <sup>3</sup> /h

**Tableau 5: Débits de ventilation recommandés pour les logements selon la norme**

○ La norme ASHRAE 62-2001 diffère peu de la norme 62-1999 et ce, suite aux rajouts quant à la conception, la mise en service, l'utilisation et l'entretien de ventilation. Au cours de la révision de la norme en 2003, y a eu la division de la norme 62 en deux parties, à savoir la norme 62.1 destinée aux établissements commerciaux, et la norme 62.2 destinée aux bâtiments résidentiels.

○ La norme ASHRAE 62.2-2003 (Ventilation and acceptable indoor air quality in low-rise residential buildings) s'applique aux bâtiments résidentiels de moins de 3 étages ainsi qu'aux maisons unifamiliales, et concerne les nouvelles habitations ainsi que celles ayant fait l'objet de rénovation. La norme 62.2 diffère de la norme 62-1999 notamment par le fait qu'elle reconnaît la nécessité de ventiler mécaniquement, même en présence de fenêtres ouvrables. En outre, le taux de ventilation minimum requis se calcule à partir de la surface de plancher (en mètres carrés) et du nombre de chambres à coucher, celui-ci varie par conséquent en fonction de la taille de la maison et son occupation. « *L'application de cette norme aurait par ailleurs pour effet de réduire sensiblement le taux de ventilation requis pour une habitation moyenne soit d'environ 30%*<sup>50</sup>

#### **4. Comparaison des niveaux réglementaires :**

nb personnes par logement	surface SHAB	F	USA	B
		arrêté 24/3/82	ASHRAE	NBN D50 001
1	28	0,6	0,5	1,8
2	40	0,7	0,7	1,3
3	65	0,5	0,6	1,0
4	80	0,5	0,7	1,1
5	95	0,5	0,7	1,1

**Tableau 6: débits de renouvellement d'air (vol/h) en logement**

<sup>50</sup> « La ventilation des bâtiments d'habitation : impacts sur la santé respiratoire des occupants », institut national de santé publique du Québec, DIRECTION RISQUES BIOLOGIQUES, ENVIRONNEMENTAUX ET OCCUPATIONNELS, p30.

Nous remarquons que les niveaux préconisés par les réglementations française et américaine se rapprochent beaucoup, mais la réglementation française reste celle qui exige majoritairement les débits de renouvellement les plus bas. Tandis que la réglementation belge reste la plus exigeante, puisque les débits de renouvellement qu'elle préconise sont nettement plus importants, et nous supposons que cela doit avoir un impact positif sur la qualité de ventilation.

- **La Norme NF EN 15251**

En parallèle à la réglementation relative à la ventilation et à la qualité de l'air, les réglementations thermiques, qui se sont succédées renforcent les exigences relatives à l'isolation et l'étanchéité des bâtiments. Cependant, il en résulte une dégradation progressive de la qualité d'air intérieur d'autant plus importante que les sources de pollution intérieure comme extérieure se sont multipliées. C'est sur cette nouvelle vision des choses que les normes européennes EN 15251 et 13779 ont été conçues ; elles définissent 4 niveaux de qualité<sup>51</sup>:

1. IDA I : haute qualité de l'air intérieur, pour les locaux destinés à des personnes sensibles ou fragiles
2. IDA II : qualité de l'air intérieur moyenne, le niveau normal pour des bâtiments neufs ou réhabilités
3. IDA III : qualité de l'air intérieure modérée acceptable pour des bâtiments existants avant travaux
4. IDA IV : faible qualité de l'air intérieur, qui n'est tolérable que sur de très courtes périodes.

Ces normes conduisent à des débits de renouvellement d'air nettement plus élevés que ceux décrits dans le tableau ci-avant.

nb personnes par logement	surface SHAB	IDA I	IDA II	IDA III
1	28	2,5	1,8	1,2
2	40	1,7	1,3	0,9
3	65	1,4	1,0	0,7
4	80	1,5	1,1	0,6
5	95	1,5	1,1	0,6

**Tableau 7: classification de la qualité de l'air intérieur des locaux résidentiels selon la norme EN 15251 en (vol/h)**

<sup>51</sup> <http://www.tribu-concevoirdurable.fr/>

- **Projet HealthVent :**

Le « HealthVent » est un projet soutenu par la commission européenne ; il a pour objectif d'élaborer des directives de ventilation pour l'union européenne basées sur des critères de santé. Le but étant d'éviter les problèmes de santé induits par la mauvaise qualité de l'air intérieur, tout en assurant une bonne efficacité énergétique.

Une évaluation critique des exigences existantes en matière de ventilation et de qualité d'air intérieur définis dans les codes de construction et les normes européennes, a été élaborée, tout en mettant l'accent plus particulièrement sur les débits d'air neuf, les polluants, les températures et la circulation de l'air dans les habitations, les bureaux, les écoles et les jardins d'enfants. Cette évaluation est basée sur un questionnaire envoyé aux partenaires du projet. Il s'agit de récolter les valeurs des réglementations nationales en matière de renouvellement d'air des états membres<sup>52</sup>.

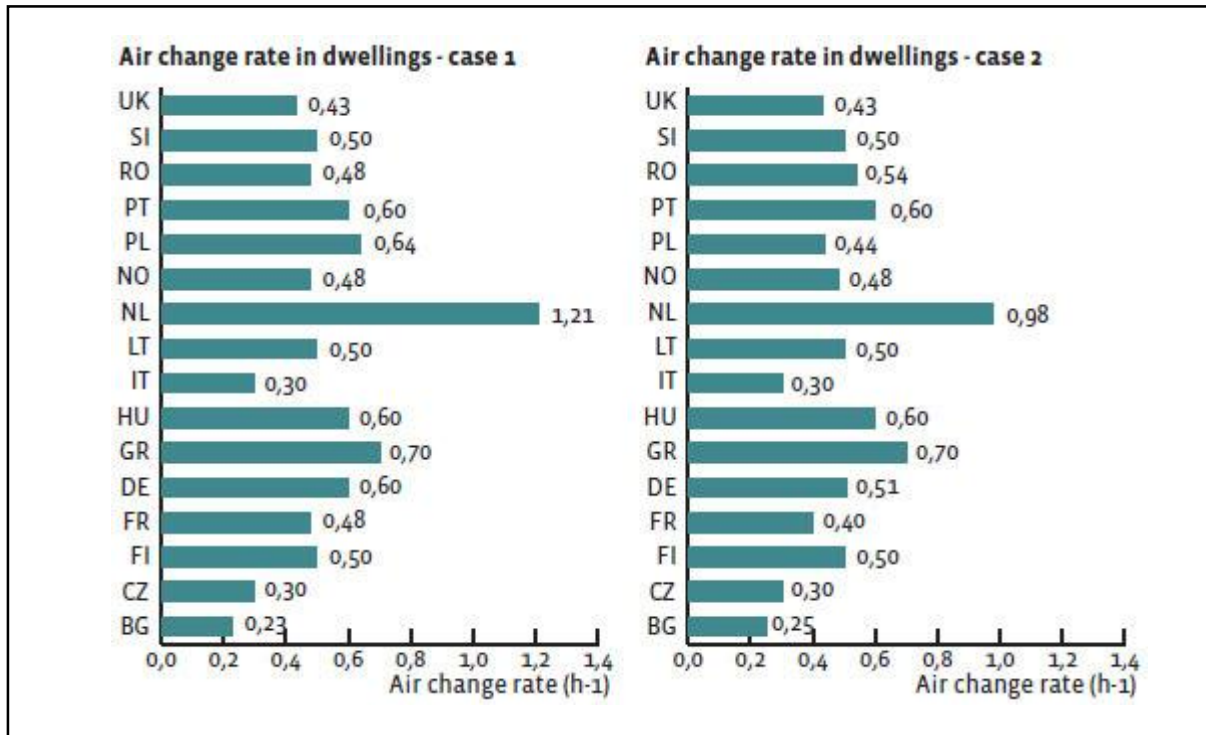
Afin de permettre la comparaison en ce qui concerne les logements, des exemples types basés sur des situations réelles ont été développés. Ces types sont illustrés dans le (**tableau 8**).

Caractéristiques	Logement type N° 1	Logement type N° 2
Surface	50 m <sup>2</sup>	90 m <sup>2</sup>
Hauteur sous plafond	2,5 m	2,5 m
Pièces principales	2: 1 séjour, 1 chambre	4: 1 séjour, 3 chambres
Cuisine	1 x 10 m <sup>2</sup> fenêtre et cuisinière électrique	1 x 15 m <sup>2</sup> fenêtre et cuisinière électrique
WC	1 x 2 m <sup>2</sup>	1 x 2 m <sup>2</sup>
Salle de bains	1 x 5 m <sup>2</sup>	1 x 5 m <sup>2</sup>
Nombre d'occupants	2	4

**Tableau 8: caractéristiques des logements types fixés par le projet, source :**  
<http://www.aldes.fr/contents/fiches-pratiques-1/ventilation/les-debits-reglementaires>

---

<sup>52</sup> Etat membres ayant participé à l'enquête et les abréviations utilisées dans les questionnaires : (GB) Bulgarie, (CZ) république tchèque, (FI) Finlande, (FR) France, (DE) Allemagne, (GR) Grèce, (HU) Hongrie, (IT) Italie, (LT) Lituanie, (NL) Pays-Bas, (NO) Norvège, (PL) Pologne, (PT) Portugal, (RO) Roumanie, (SI) Slovénie, (UK) Royaume Uni.



**Figure 35: Comparaison des taux de ventilation dans les logements,**  
 source : <http://www.aldes.fr/contents/fiches-pratiques-1/ventilation/les-debits-reglementaires>

L'examen de la réglementation des États membres de l'UE sur les débits de ventilation et la qualité de l'air intérieur montre des valeurs qui diffèrent d'un pays à l'autre<sup>53</sup>. Ceci dénote qu'il y a un besoin considérable d'harmoniser les réglementations sur la ventilation et la qualité de l'air et de les aligner sur des normes et des directives qui fixent des débits de ventilation, des caractéristiques techniques ainsi que des paramètres liés à l'efficacité de la ventilation.

<sup>53</sup> [http://conseils.xpair.com/actualite\\_experts/renouvellement-qai.htm](http://conseils.xpair.com/actualite_experts/renouvellement-qai.htm)

## **Conclusion:**

Ce chapitre nous a fourni un aperçu sur le support réglementaire quant à la ventilation à travers le monde, essentiel à la compréhension du développement des exigences internationales relatives à la ventilation, en outre, la lecture du DTR ainsi que la lecture des réglementations en Europe et aux Etats-Unis, nous ont permis de constater les points suivants :

- Le DTR C3.31 considéré comme seule référence normative en Algérie concernant la ventilation, est inspiré de la réglementation française à savoir, l'arrêté du 24 mars 1982 ; en effet, nous constatons que les taux de renouvellement d'air fixés par ce dernier sont les mêmes que ceux du DTR, et cela, malgré les spécificités climatiques propres à l'Algérie.
- De par sa préoccupation d'économie d'énergie, la réglementation française fixe des débits de renouvellement d'air inférieurs à ceux qui sont fixés dans les autres pays comparables, notamment les Etats-Unis et la Belgique.
- En Europe, les normes et les réglementations concernant la ventilation sont incohérentes, et se sont révélés inférieures aux valeurs publiées dans les normes européennes.
- L'opposabilité du DTR en matière de ventilation est assurée de par sa nature réglementaire, c'est pourquoi il sert de référence lors du lancement des opérations de logements collectifs, mais son respect effectif n'est jamais vérifié, ni en amont ni en aval.

**CHAPITRE 3 : VERIFICATION  
SIMULATIVE ET CALCULATOIRE DE  
LA VENTILATION NATURELLE DANS  
LES LOGEMENTS COLLECTIFS**

## **Introduction :**

Ce chapitre consiste à vérifier l'efficacité de la ventilation naturelle dans les logements collectifs à travers deux méthodes : la méthode simulative qui se base sur la simulation thermo-aéraulique à travers deux logiciels , et la méthode calculatoire qui se base essentiellement sur des formules réglementaires préconisées par le DTR C3.31.

Nous aborderons dans un premier temps les notions relatives à la simulation, les logiciels choisis pour son effectuation, ainsi que la présentation de notre cas et la méthodologie adoptée, ensuite, nous passons à l'effectuation des calculs relatifs à la réglementation avant d'arriver à l'interprétation des résultats.

## **1. La simulation numérique :**

### **1.1.Intérêt**

De nombreux logiciels de simulation numérique existent; ces outils permettent de faire des calculs, et fournir des résultats à travers des représentations très proches de la réalité. La simulation constitue de nos jours un outil incontournable d'étude et d'analyse dans différents domaines, et ce, grâce à ses multiples avantages, notamment la prévision de comportement du sujet étudié sans passer par la réalisation qui peut s'avérer coûteuse et difficile à mettre en place. Pour les architectes, et avec la question de l'efficacité énergétique, beaucoup de logiciels se sont développés, ils permettent d'effectuer des simulations aussi bien à l'échelle urbaine, qu'à l'échelle du bâtiment ; ces simulations concernent la thermique, l'aéraulique, l'acoustiques ...etc, permettant ainsi d'éviter des dysfonctionnements, particulièrement en matière de conception.

### **1.2.La simulation CFD :**

La simulation aéraulique consiste à modéliser et simuler le comportement de l'air autour et à l'intérieur d'un ouvrage en se basant sur des calculs. Il est ainsi possible de mieux comprendre les propriétés d'un système de ventilation, d'une installation et de prévoir son comportement dans des conditions difficiles à tester dans la réalité. Il est donc possible d'optimiser et de vérifier les caractéristiques d'un dispositif, la position des ouvertures dans une pièce...etc.

De par les multiples fonctionnalités qu'offrent les logiciels CFD, on peut :

- Etudier le confort thermique d'un bâtiment
- Optimiser la ventilation naturelle
- Etudier l'aéraulique urbaine et le confort des piétons
- Réduire les pertes de charges d'un système.

La simulation répond à la logique de trois phases essentielles :

- La première phase consiste à introduire les données et les paramètres relatifs au bâtiment et à son environnement, essentiels pour la modélisation, il s'agit des :

#### **1.2.1. Données d'InPuts :**

- Les coordonnées géographiques et les données climatiques
  - Les données géométriques du bâtiment (modèle, orientation, ouverture..etc.)
  - Les données physiques du bâtiment, à savoir les caractéristiques thermiques des matériaux
  - Les données relatives à l'usage : taux d'occupation, présence de système de rafraichissement...etc.
- La deuxième phase consiste à traiter les données à travers le logiciel, ce dernier reconnaît les inputs, il combine et structure les données selon le type de modélisation pour faire les calculs. Le temps du calcul dépend de la complexité du modèle ainsi que de la puissance de l'ordinateur (processeur, carte graphique).
  - La dernière phase consiste à exploiter les résultats de simulation qu'on appelle les « outputs », ces derniers peuvent être représentés sous différentes formes, il peut s'agir, de graphes, d'images, d'animations, dans la simulation thermo-aéraulique il s'agit essentiellement des :

#### **1.2.2. Données d'OutPuts :**

- Les profils de vitesses de l'air
- Les profils de températures de l'air
- Les profils de débits d'air

Il est à noter enfin que la lecture et l'interprétation des résultats demeure la phase la plus importante, car c'est la finalité du processus de simulation.

## 2. Les logiciels choisis :

### 2.1. Motif du choix :

Dans le cadre de notre travail, nous avons choisi le logiciel ECOTECT ANALYS 2011 développé par Autodesk, et ce, en se basant sur plusieurs critères :

- La problématique posée : Il s'agit de l'évaluation de la ventilation naturelle à travers l'étude de l'écoulement d'air et de la température, d'où la combinaison de deux logiciels : ECOTECT ANALYSIS 2011 qui prend en charge la simulation thermique, et WINAIR4 qui prend en charge le calcul aéraulique.
- La disponibilité des logiciels : Le choix du logiciel ECOTECT ANALYSIS 2011 repose sur le fait que celui-ci présente une interface 3D avec une facilité de manipulation pour les architectes, ainsi que son utilisation très répandue. Quant à WINAIR 4, il a été choisi pour le calcul aéraulique, compte tenu de la facilité de son utilisation comparée à d'autres logiciels CFD<sup>54</sup>, et aussi vu sa compatibilité avec ECOTECT ANALYSIS 2011, car ce dernier intègre dans son champ d'exportation un onglet de WINAIR4.

### 2.2. Présentation :

- **ECOTECT ANALYSIS 2011 :**

Le logiciel d'analyse de conception ECOTECT ANALYSIS 2011 développé par Autodesk<sup>55</sup> est un outil de conception depuis la phase d'avant-projet jusqu'à celle de détail. Ce logiciel offre un large éventail de fonctionnalités de simulation et d'analyse de l'énergie des bâtiments qui peut améliorer les performances de ces derniers<sup>56</sup> :

- Analyses énergétique du bâtiment (calcul de consommation d'énergie).
- Simulation thermique (calcul des besoins en chauffage et climatisation)
- Evaluation de l'éclairage naturel (calcul des niveaux d'éclairement)
- Calcul des taux d'ensoleillement
- Analyse acoustique

---

<sup>54</sup> CFD Computational Fluids Dynamics

<sup>55</sup> Autodesk : est une société d'édition de logiciels de création et de contenu numérique, elle a été fondée par John Walker avec 12 autres personnes en 1982.

<sup>56</sup> <http://www.autodesk.fr>

- Etude des mouvements d'air, à travers la possibilité de l'associer à des logiciels de simulation aéraulique.<sup>57</sup>

- **WIANAIR4 :**

Le logiciel WINAIR4 est un logiciel de simulation CFD développé par le CRIBE<sup>58</sup> (centre de recherche de l'école d'architecture du pays de galles à l'université de Cardiff). Ce logiciel est compatible avec ECOTECT, et ce, grâce à son onglet qui se trouve dans son champ d'exportation comme cité plus haut. Son utilisation est simple comparant à d'autres logiciels qui nécessitent une grande maîtrise, néanmoins il répond à l'objectif de notre travail en termes de précision et de temps de calculs.

## 1. Critères et choix du cas d'étude

Pour que les résultats de la simulation soient fiables, plusieurs paramètres doivent être configurés au préalable, Il s'agit d'identifier les caractéristiques du bâtiment à modéliser, définir le type d'activité (dans notre cas il s'agit d'un logement), les conditions de l'utilisation de ses espaces, les caractéristiques aérauliques de l'environnement immédiat (vitesse du vent, température de l'air...etc.), ainsi que les matériaux qui le composent.

La simulation permet de répondre à différents objectifs « allant de l'étude de l'efficacité d'un dispositif de ventilation naturelle jusqu'au dimensionnement d'un élément de ce dispositif »<sup>59</sup>, dans notre cas il s'agit de vérifier l'efficacité de la ventilation naturelle dans un logement collectif à Alger.

---

<sup>57</sup> AIT KACI, Z. 2014. « L'apport de la cage d'escalier dans la ventilation naturelle : simulation thermo-aéraulique d'un habitat collectif en Algérie ». Thèse de Magister, Option Architecture et Développement Durable, Tizi Ouzou.

<sup>58</sup> Le CRIBE (Centre for Research in the Built Environment) est un Centre de recherche sur l'environnement bâti, il fait partie de la WSA (Welsh School of Architecture) de l'Université de Cardiff. Son but est la conception efficace et durable, la construction et l'exploitation de l'environnement bâti. CRIBE est reconnu comme un centre d'excellence par le gouvernement de l'Assemblée galloise.

<sup>59</sup> [Idem], AIT KACI, Z. 2014, p105.

### **1.1. Modèles des bâtiments choisis :**

Le choix a été motivé par un critère très important, à savoir « la typologie du logement », en effet, nous avons choisi une typologie très répandue dans l'habitat collectif et qui constitue une partie considérable du parc immobilier en Algérie, et ce, en se basant sur l'organisation intérieure des espaces. En effet, de par l'agencement et la distribution des espaces intérieurs séparant la partie commune de la partie intime, cette typologie présente un modèle de logement fonctionnel et plus adaptable sur le plan social.

Nous retrouvons une organisation standard avec quelques variantes d'un logement à un autre, cette organisation se présente comme suit : un séjour disposé à l'entrée, permettant l'accès direct d'un éventuel visiteur sans que celui-ci passe par les espaces réservés à la vie intime des ménages, la cuisine étant un espace commun est généralement placée en face du séjour, à l'entrée du logement. Le hall, de par sa position centrale permet la distribution des espaces indépendamment les uns par rapport aux autres.

## **2. Présentation du cas d'étude :**

Pour effectuer notre simulation, nous avons pris comme exemple le cas des logements de l'AADL qui reprennent parfaitement la typologie citée ci-dessus.

- Présentation de la cité AADL 646 logements, Sidi Youcef (Beni Messous) :

La cité se compose d'un ensemble de dix-sept immeubles dont les gabarits varient entre R+9 et R+15. L'ensemble regroupe 646 logements, avec des RDC dédiés aux commerces. Nous retrouvons aussi des aires de stationnement dédiées aux habitants.

Les immeubles regroupent 4 logements par palier, de type F3 de 70 m<sup>2</sup> et F4 de 85 m<sup>2</sup>.

Le projet contient 3 variantes d'immeubles à savoir, les tours, des barres et des bâtiments d'angle.

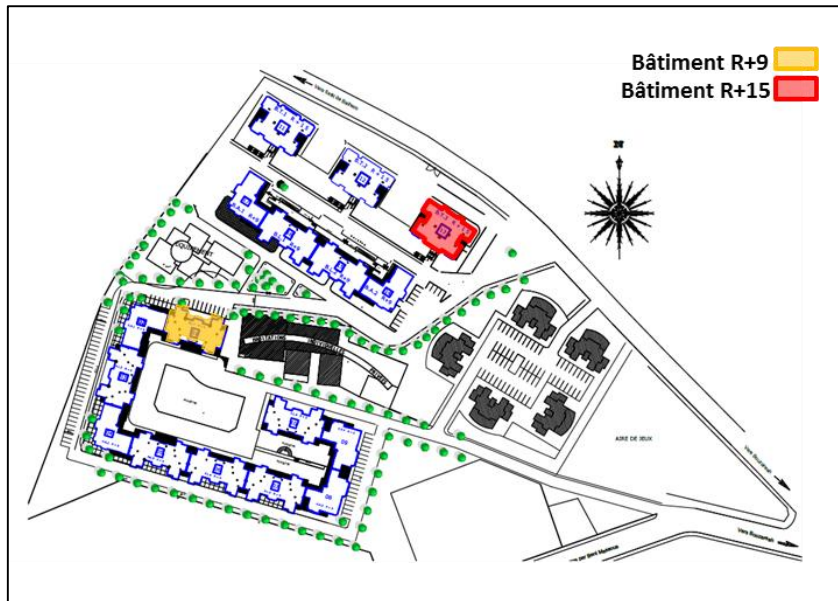


Figure 36: plan de masse cité AADL 646 logement, Sidi Youcef (source direction de l'AADL)

Afin de choisir le cas d'étude, nous nous sommes basés sur la direction des vents dominants en été, la figure ci-dessous illustre la rose des vents en été pour la ville d'Alger, elle est obtenue par le logiciel ECOTECT ANALYSIS 2011. On constate que la fréquence horaire la plus élevée observée en été correspond aux vents provenant du secteur NORD-EST à une vitesse comprise entre 20 et 25 km/h (4,2 à 6,9 m/s).

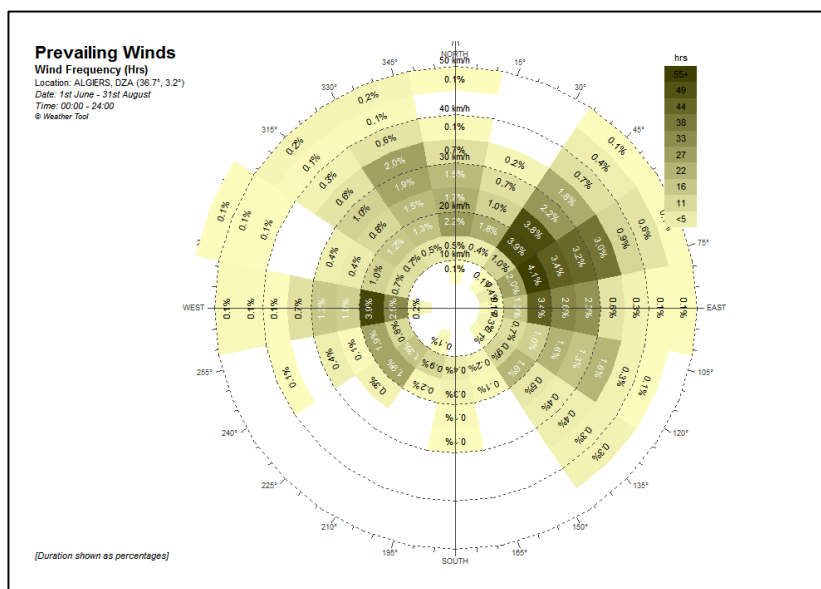


Figure 37: Rose des vents en été, ville d'Alger, (weather tool), ECOTECT ANALYSIS 2011

Le choix du cas d'étude est dicté par son orientation par rapport aux vents dominants, particulièrement les vents dominants en période d'été. En effet, la rose des vents, nous permet de savoir la direction des vents dominants, la fréquence, ainsi que la vitesse moyenne du vent.

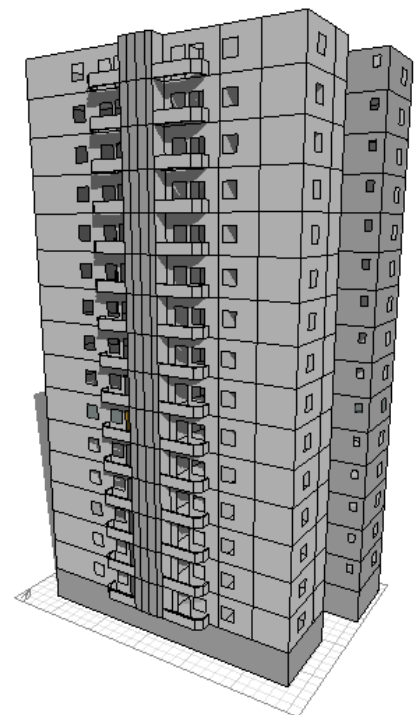
## 2.1. Cellule de logement choisie :

### 2.1.1. Bâtiment R+15

Pour le premier cas d'étude, il s'agit d'un bâtiment de R+15 avec quatre logements par palier. Le bâtiment est orienté Nord-Est, il est donc exposé aux vents dominants d'été, à savoir les vents venant du Nord/ Nord-Est.

Le logement choisi est quant à lui orienté Sud-Est de l'immeuble, il bénéficie de deux façades, sa surface totale habitable est de 70 m<sup>2</sup>. Ce logement compte 3 pièces (séjour et deux chambres), une cuisine, une salle de bain, et des WC. Ces pièces sont distribuées par un dégagement indépendamment les unes des autres. Nous retrouvons aussi un séchoir et une loggia. (*Figure 38*).

Les surfaces par pièces sont mentionnées dans le (*tableau 9*).



**Figure 388: modélisation du bâtiment R+15, ECOTECH ANALYSIS 2011, source : auteur**

Ce logement se trouve dans un étage intermédiaire à savoir, le 6<sup>ème</sup> étage ; et ce, afin d'éviter les effets aérodynamiques lors de la simulation, car ces derniers influencent la ventilation à l'intérieur des logements, notamment ceux qui se trouvent dans les étages inférieurs. L'organisation des espaces à l'intérieur du logement répond à la typologie standard citée ci-dessus.

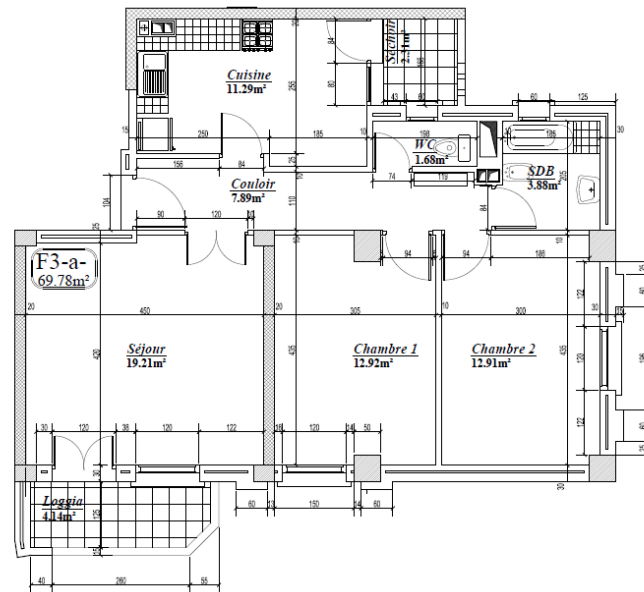


Figure 39: plan de la cellule du logement à double exposition, (source, AADL)

### 2.1.2. Bâtiment R+9

Pour le deuxième cas d'étude, il s'agit d'un bâtiment de R+9 avec quatre logements par palier. Tout comme le premier cas d'étude, les critères du choix sont les mêmes à savoir, l'orientation, c'est à dire l'exposition par rapport au vent dominant d'été, ainsi que le niveau où se trouve le logement, c'est-à-dire au 6<sup>ème</sup> étage.

Le logement reprend la même logique d'organisation des espaces, à savoir, la même typologie citée ci-avant, cependant, il ne bénéficie que d'une seule façade orientée sud. Sa surface totale habitable est de 70 m<sup>2</sup>. Ce logement compte 3 pièces (séjour et deux chambres), une cuisine, une salle de bain, et des WC.

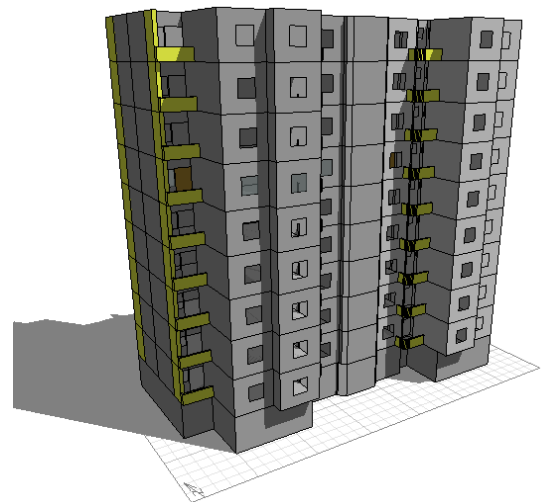


Figure 40: modélisation du bâtiment R+9, ECOTECT ANALYSIS 2011, source : auteur

Ces pièces sont distribuées par un dégagement indépendamment les unes des autres. Nous retrouvons aussi un séchoir et une loggia. (Figure 39). Les surfaces par pièces sont mentionnées dans le (tableau 10).

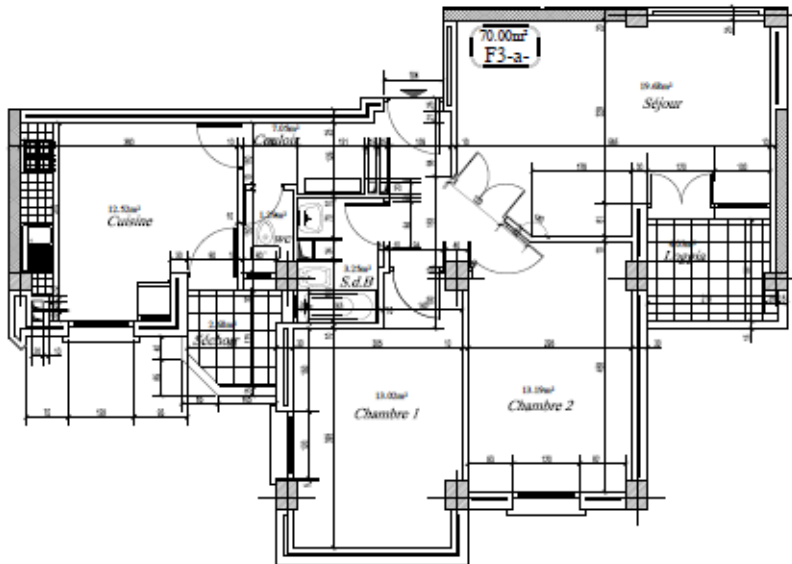


Figure 41: plan de la cellule du logement à simple exposition (source: AADL)

Logement F3 à une seule exposition	Surface (70 m <sup>2</sup> )
Séjour	19.68
Chambre 1	13.02
Chambre 2	13.19
Cuisine	12.52
SDB	3.25
WC	1.29
Dégagement	7.05
Loggia	3.12
Séchoir	2.68

Tableau 9: surfaces des différents espaces (logement à double exposition)

Logement F3 à double exposition	Surface (69.78 m <sup>2</sup> )
Séjour	19.21
Chambre 1	12.92
Chambre 2	12.91
Cuisine	11.29
SDB	3.88
WC	1.68
Dégagement	7.89
Loggia	4.14
Séchoir	2.31

Tableau 10: surfaces des différents espaces (logement à simple exposition)

### 3. Méthodologie et démarche de simulation

#### 3.1.Introduction des données climatiques

Afin de pouvoir réaliser notre simulation thermo-aéraulique, nous avons introduit les différentes données nécessaires à la simulation.

1. **La description du projet** : Il s'agit d'introduire les informations relatives au modèle de simulation (son nom, son objectif, son usage...etc.).
2. **Les données climatiques** : Il s'agit d'introduire le fichier (Weather Data) des données climatiques d'Alger dans le logiciel ECOTECT sous format wea. Le logiciel permet de les visualiser, offrant ainsi un aperçu sur la température de l'air, l'humidité relative, la vitesse et la direction du vent.
3. **L'orientation** : Il s'agit d'indiquer l'orientation du bâtiment.
4. **La nature du site** : Dans notre cas, le site est « urbain », cette configuration est importante, notamment par rapport à son impact sur la vitesse du vent.

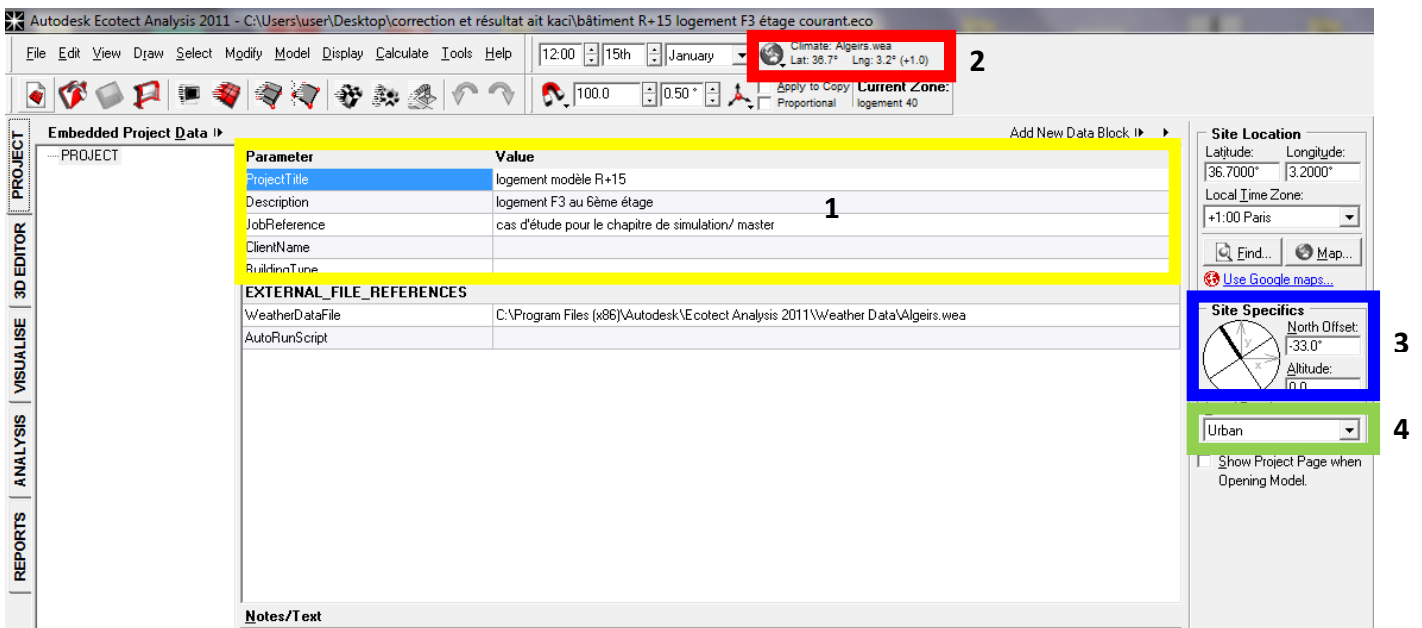


Figure 42: capture écran sur la fenêtre projet, ECOTECT ANALYSIS 2011 (source : auteur)

### 3.2.Modélisation de l'objet d'étude

Il s'agit d'importer le plan de l'étage courant à partir du logiciel AUTOCAD 2013 vers ECOTET sous format DXF, cela nous a permis de modéliser la volumétrie tout en respectant les dimensions.

Nous nous sommes focalisés sur le plan d'un seul logement : il s'agit d'un logement F3, composé d'un séjour, cuisine, deux chambres, SDB et WC, avec une loggia et un séchoir. La logique de modélisation s'applique sur l'ensemble de l'étage courant. Cette logique consiste à la création des zones thermiques relatives à chaque espace. Chaque zone est unique, elle possède ses propres paramètres (nombre des personnes, présence de système de climatisation... etc.). La zone est délimitée par des parois (plancher, mur, fenêtres portes), des matériaux doivent être affectées à chaque paroi pour la pertinence de la simulation (Les murs extérieurs sont composés d'une double cloison en brique creuse, avec une lame d'air, quant aux cloisons intérieures, elles sont en brique creuse (sans lame d'air), nous retrouvons aussi des voiles en béton armé). Ces matériaux existent dans la bibliothèque d'ECOTECT.

Il est à noter que chaque zone est affectée d'une couleur afin de faciliter son repérage.

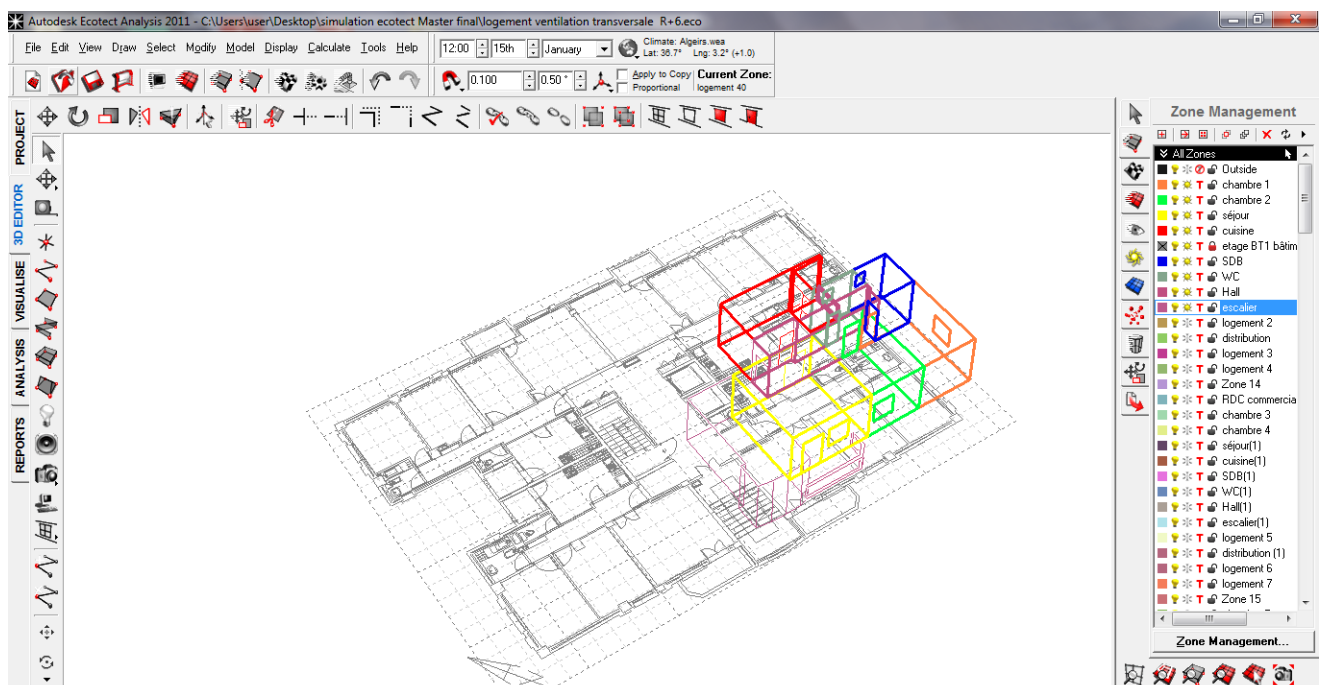


Figure 43: création des zones thermiques (source : auteur)

### 3.3. Processus de simulation

La simulation s'est faite en trois étapes et ce, en associant un deuxième logiciel, à savoir WINAIR4, celui-ci permet de compléter ECOTECT ANALYSE 2011 en opérant les analyses CFD à travers le calcul des vitesses, des pressions ainsi que des températures des flux à l'intérieur du logement.

#### 3.3.1. La configuration de la grille d'analyse CFD :

Il s'agit de préparer la grille d'analyse d'ECOTECT afin de recevoir par la suite les données calculées par le logiciel WINAIR4 et ce, à travers la configuration des éléments suivants :

La taille des mailles, cette dernière permet de régler la quantité de données traitées et transmises à WINAIR4 pour être calculées.

Les limites et la nature de la grille afin que les calculs ne s'opèrent que sur les zones concernées.

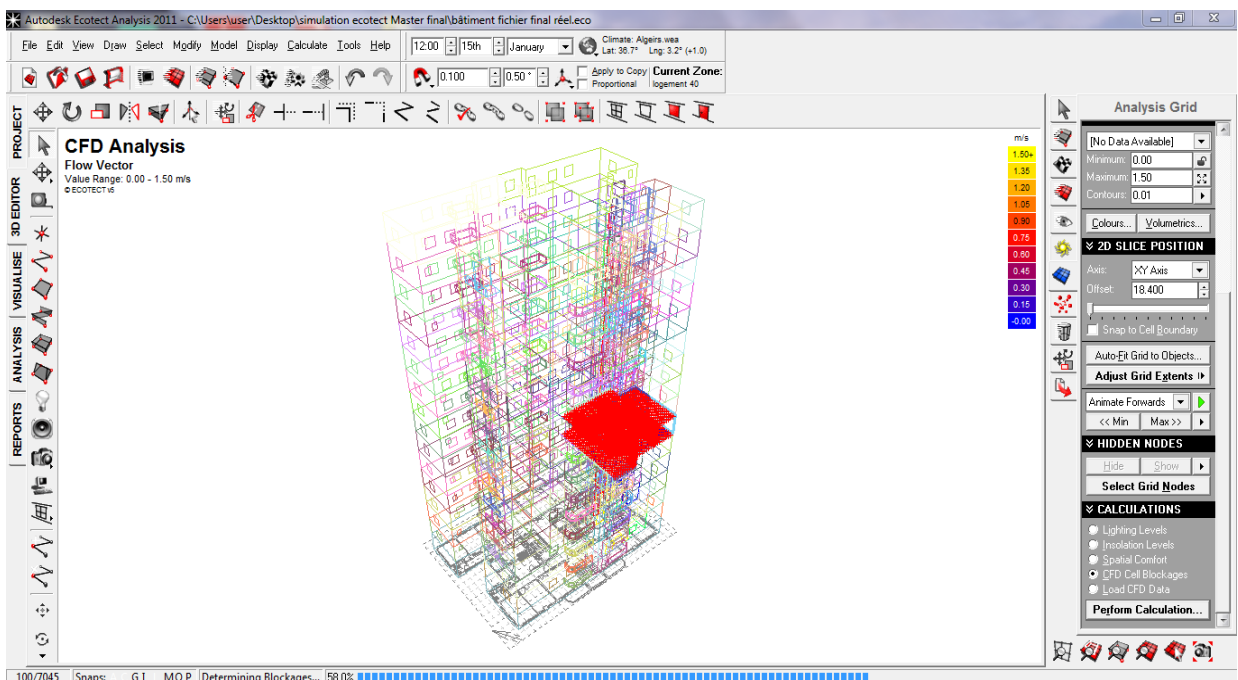


Figure 44: capture écran sur la grille d'analyse CFD, source : auteur)

### 3.3.2. L'exportation vers WINAIR4 :

Il s'agit de configurer la boîte de dialogue de l'exportation, cette dernière comporte les informations essentielles à la simulation aéraulique, notamment la vitesse, la direction du vent ainsi que la température intérieure et extérieure.

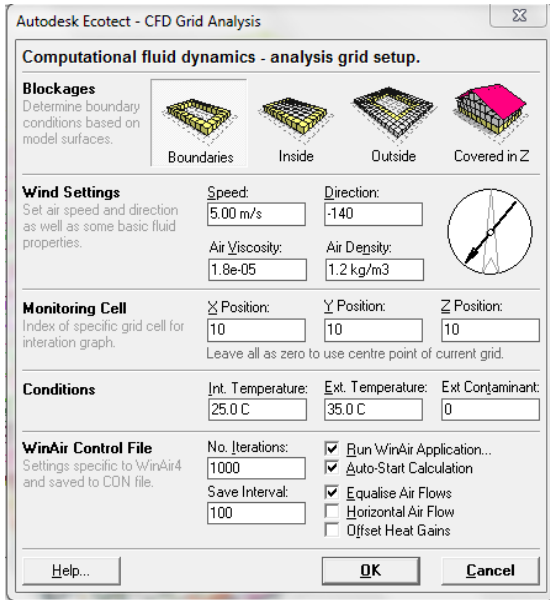


Figure 45: boîte de dialogue d'exportation vers WINAIR4, (source : auteur)

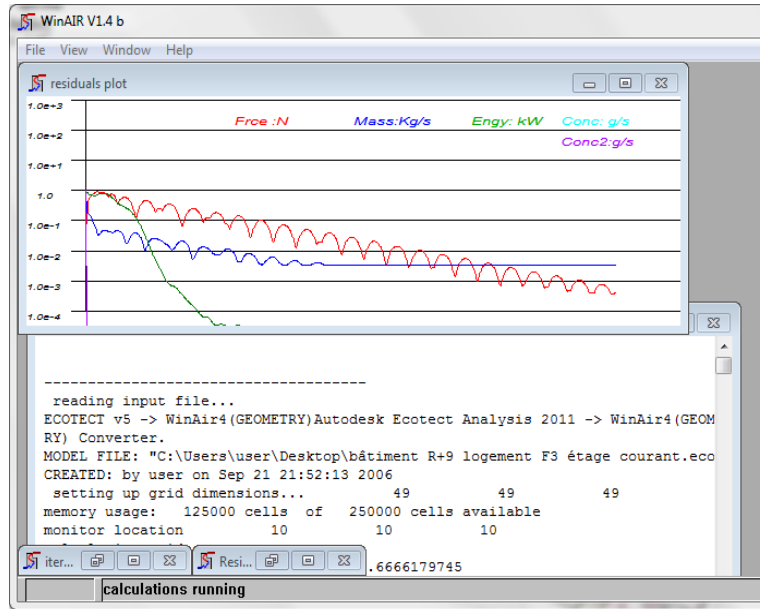


Figure 46: capture écran sur la fenêtre de calcul de WINAIR4, (source : auteur)

### 3.3.3. Chargement et visualisation des données CFD dans ECOTECT

Il s'agit de projeter les données calculées pas WINAIR4 sur chaque nœud de la grille d'analyse CFD d'ECOTECT et ce, afin de visualiser les paramètres calculés : température, vitesse, débit et pression d'air.

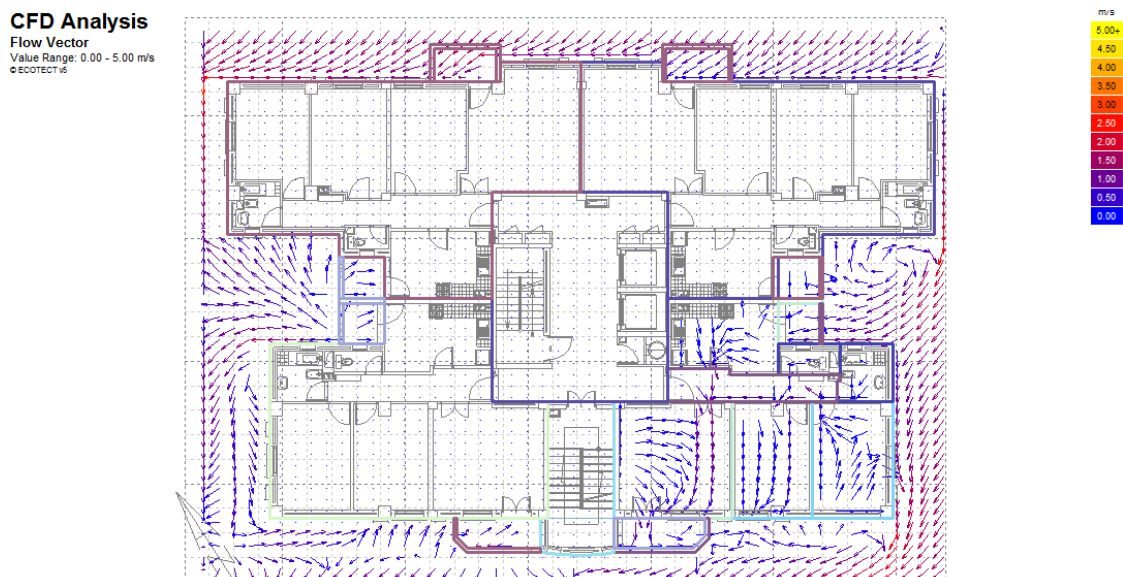


Figure 47: visualisation des résultats de vitesse de flux, (source, auteur)

### **3.4. Les deux scénarios de simulation choisis :**

Afin de vérifier l'efficacité de la ventilation naturelle dans les logements collectifs en été, nous avons effectué des simulations à l'aide des logiciels ECOTECH Analysis 2011 et WINAIR4. L'objectif étant d'étudier la ventilation naturelle dans un cadre physique en se basant sur la typologie du logement et le type d'exposition qui ont un impact considérable sur les débits et les vitesses de l'air à l'intérieur du logement.

Pour cela, nous avons établi deux scénarios permettant d'évaluer la ventilation naturelle à l'intérieur des logements. En effet, il s'agit de comparer le comportement thermo-aéraulique dans deux logements, l'un bénéficiant d'une seule façade, et l'autre de deux façades.

- **Scénario 1 : évaluation de la ventilation naturelle dans un logement à double exposition (ventilation transversale) :**
- **Scénario 2 : évaluation de la ventilation naturelle dans un logement à une seule exposition (ventilation mono-latérale)**

A travers la simulation nous allons évaluer l'efficacité de la ventilation en termes de débits d'air, de vitesse de l'air ainsi qu'en termes de température de l'air.

Afin de simuler le contexte climatique du logement à Alger, nous avons introduit les données climatiques d'Alger en format WEA dans ECOTECH :

- Climat méditerranéen (Alger),
- Saison : été (le but étant de capter les vents dominants en été, car ils sont à privilégier)

Pour le paramétrage de WINAIR, nous avons émis les hypothèses suivantes :

- La température extérieure utilisée est celle d'une journée du mois de juillet ayant une température de 35°C, et l'humidité relative est de 60%.
- Présence des vents dominants Nord-Est (en été) d'une vitesse de 5m/s. La température intérieure est fixée à 25°C.

#### 4. Lecture et interprétation des résultats :

Afin d'évaluer l'efficacité de la ventilation à l'intérieurs des logements collectifs, nous nous sommes basés sur la comparaison des résultats entre le premier logement bénéficiant de deux façades, et le second logement bénéficiant d'une seule façade.

L'interprétation des résultats se base essentiellement sur la lecture de trois éléments, à savoir :

- La vitesse de l'air ainsi que la profondeur de l'écoulement d'air à l'intérieur du logement
- Le taux de rafraîchissement des espaces
- Les débits d'air au niveau des espaces.

Les captures écran sur les résultats de simulation concernent les logements situés au 6<sup>ème</sup> étage, elles illustrent :

- Les profils de vitesses des flux
- La direction des flux d'air
- Les profils de température

Une légende en couleur est associée à chaque résultat afin d'apprécier les valeurs.

#### 4.1.Simulation du logement à double exposition :

##### 4.1.1. Lecture des profils de vitesses de l'air

**La figure 48** illustre la vitesse et la direction du flux d'air à l'intérieur du logement bénéficiant de deux façades, le vent vient du Nord-Est, il pénètre dans le logement à travers les ouvertures et engendre un écoulement d'air à l'intérieur des espaces.

D'après la lecture du profil de vitesses du flux d'air, nous remarquons deux zones : la zone en surpression, celle exposée au vent, et la zone en dépression (sous le vent).

L'ouverture au niveau de la cuisine étant située dans la zone en surpression, reçoit le plus grand volume d'air. Pour les espaces humides (SDB et WC), le volume d'air entrant est beaucoup moins important que celui de la cuisine ; cela est dû à la section des ouvertures qui est nettement plus petites (60 ×80 cm<sup>2</sup>).

La chambre (1) quant à elle, reçoit un flux d'air venant de deux directions : un flux pénétrant de l'extérieur car son ouverture est placée du côté Est, et un flux venant des autres pièces (cuisine, SDB et WC) dû à la ventilation transversale.

Pour la chambre (2) ainsi que le séjour, de par l'orientation des ouvertures au Sud, ne bénéficient pas d'un vent venant de l'extérieur, néanmoins ces pièces reçoivent un flux venant des espaces exposés au vent, grâce à la ventilation transversale, notamment le flux venant de la cuisine.

Nous constatons une vitesse de l'air relativement faible (**0.5m/s**) balayant l'ensemble du logement, avec des accélérations au niveau des portes (**1.5m/s**), et ce grâce au courant d'air généré par la ventilation transversale, permettant ainsi de créer des mouvements d'air dans les espaces se trouvant sur la façade sous le vent (en dépression).

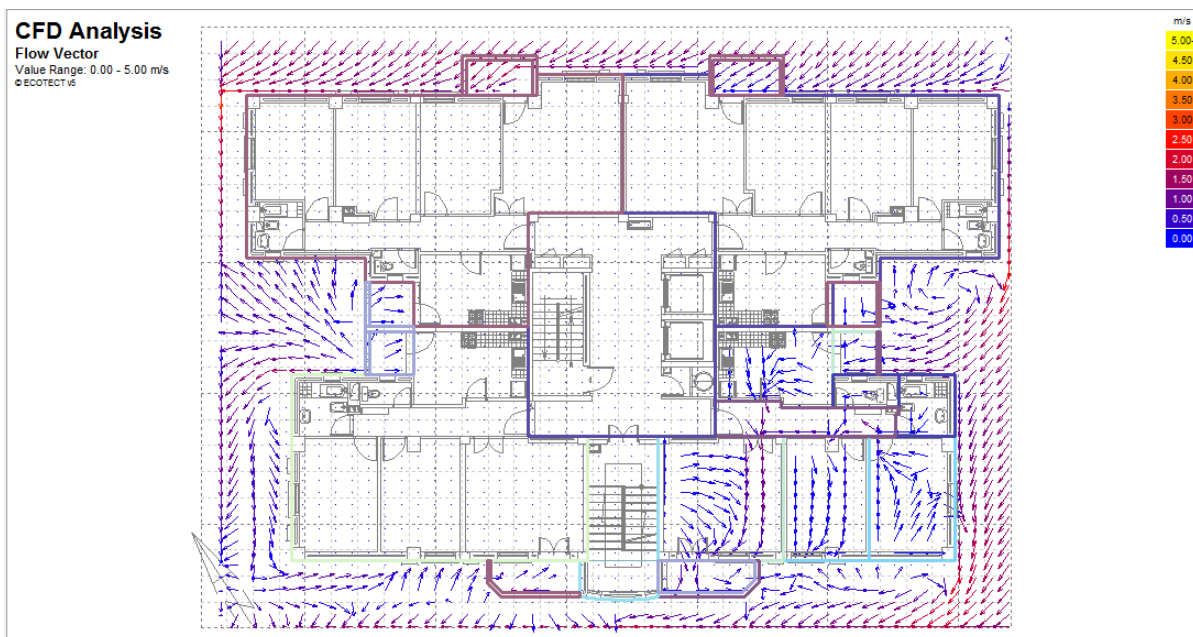


Figure 47: Vue en plan de la vitesse des flux d'air, logement (1), ventilation transversale, (source auteur)

#### 4.1.2. Lecture des profils de température

En ce qui concerne la température de l'air à l'intérieur du logement, les résultats montrent des degrés de températures assez élevés (**34°C**), néanmoins, nous remarquons des couloirs de température moins élevée qui avoisinent les (**30°C**), notamment sur les axes des ouvertures. Cette baisse de température est engendrée par l'accélération des flux d'air qui permettent de rafraîchir l'air. (figure 49).

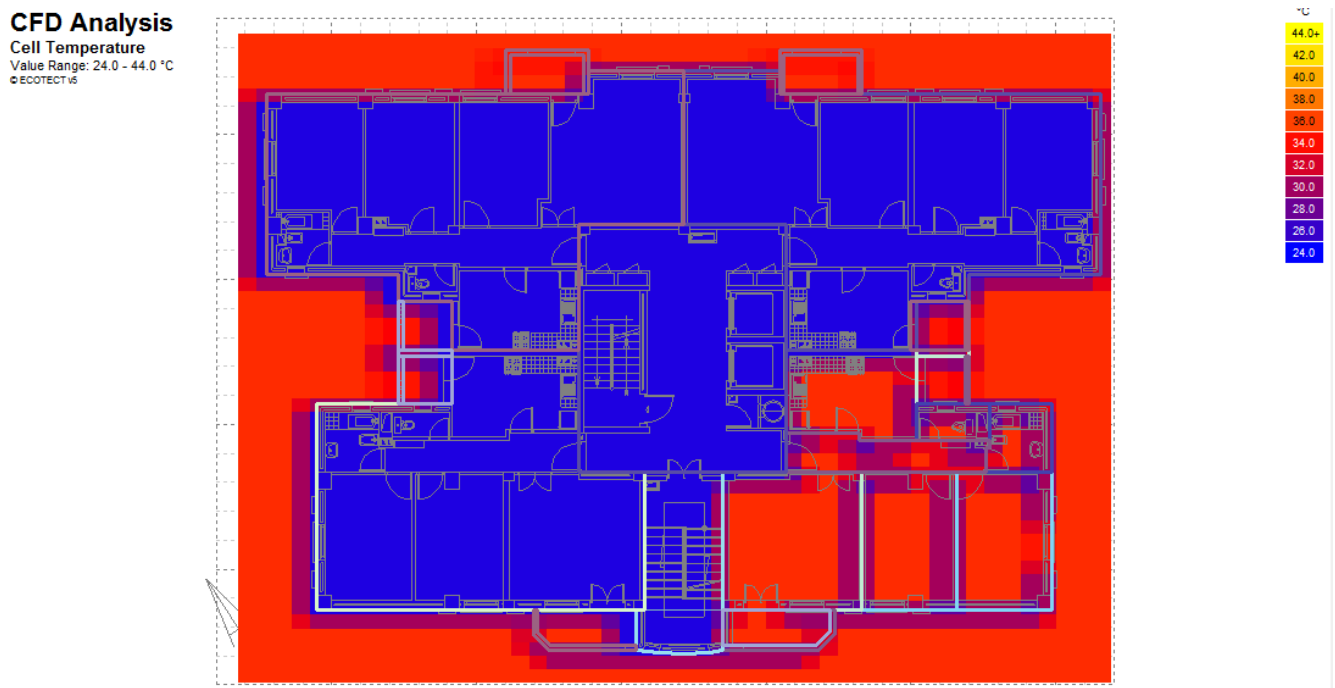


Figure 48: Vue en plan de la température à l'intérieur du logement (1), ventilation transversale, (source auteur)

## 5. Simulation du logement à simple exposition :

### 5.1. Lecture des profils de vitesses de l'air

La figure 50 illustre la vitesse et la direction du flux d'air à l'intérieur du logement bénéficiant d'une seule façade, le vent vient du Nord-Est.

N'ayant pas d'ouvertures sur le côté Nord ou Nord-Est, le logement ne bénéficie pas d'une exposition par rapport à la direction du vent dominant d'été.

Le vent contourne la façade Est pour arriver à la façade Sud. La géométrie du bâtiment, et particulièrement le retrait par rapport à l'alignement de la façade sud, permet de créer un mouvement d'air, permettant ainsi de faire pénétrer le flux d'air à l'intérieur du logement.

D'après la lecture du profil de vitesses du flux d'air, nous remarquons que toutes les ouvertures se situent dans la zone de dépression.

La vitesse de l'air est très faible, elle varie entre (**0 et 0.24m/s**), et ce, à cause de l'absence d'une ventilation transversale. En effet, l'écoulement de l'air se fait dans une seule direction et avec des vitesses insignifiantes.

Nous remarquons des accélérations au niveau des portes d'intérieurs, néanmoins ces accélérations restent très faibles, elles avoisinent les (**0.48 m/s**).

Le séjour est l'espace le plus ventilé même si la vitesse du flux reste insuffisante. Cet espace ayant une porte donnant sur le hall, permet le passage du flux vers les deux chambres, néanmoins ce flux reste très faible.

La position du W.C est défavorable. En effet, de par son éloignement par rapport au séjour, son orientation, et la dimension de son ouverture ( $60 \times 80 \text{ cm}^2$ ), ne reçoit pas de flux d'air, et donc sa ventilation est nulle.

La cuisine possède deux ouvertures dissymétriques placées sur la façade sud et avec des dimensions différentes. Ceci, permet de créer une différence de pression, et donc engendrer un flux d'air relativement appréciable.

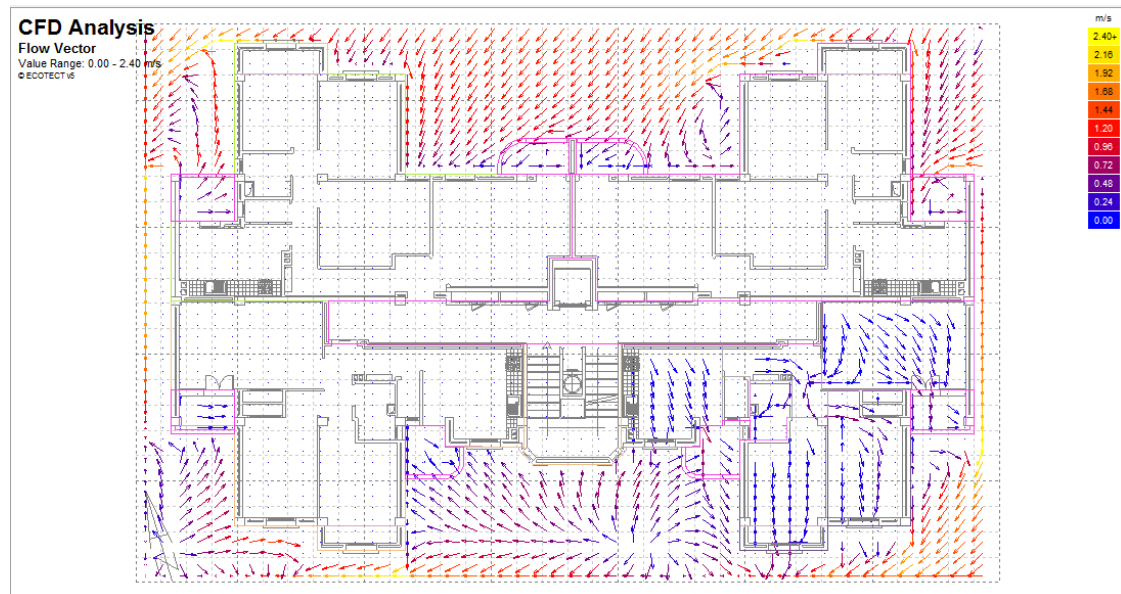


Figure 49: Vue en plan de la vitesse des flux d'air, logement (1), ventilation transversale, (source : auteur)

## 5.2. Lecture des profils de température

La température de l'air à l'intérieur du logement, les résultats montrent des degrés de températures assez élevés ( $34^{\circ}\text{C}$ ), néanmoins, nous remarquons des couloirs de température moins élevée qui avoisinent les ( $30^{\circ}\text{C}$ ), notamment sur les axes des ouvertures. Cette baisse de température est engendrée par l'accélération des flux d'air qui permettent de rafraichir l'air.



Figure 50: Vue en plan de la température à l'intérieur du logement (2), ventilation mono-latérale, (source auteur)

## **6. Comparaison des résultats entre le logement à simple exposition et logement à double exposition :**

### **6.1. Comparaison des résultats relatifs à la direction et la vitesse de l'air :**

La simulation de la vitesse de l'air a montré une différence remarquable entre le premier et le second logement. En effet la vitesse de l'air dans le logement à double exposition est comprise entre 0.5 et 1.5 m/s, contrairement à la vitesse de l'air dans le second logement qui est comprise entre 0 et 0,48 m/s.

Outre la vitesse de l'air, la profondeur de l'écoulement de l'air à l'intérieur du premier logement est nettement plus importante, en effet le flux d'air traverse tous les espaces, contrairement au flux dans le second logement.

### **6.2. Comparaison des résultats relatifs à la température de l'air:**

En ce qui concerne la température de l'air à l'intérieur des logements, les résultats montrent des degrés de températures similaires dans les deux logements. En effet, les températures intérieures sont élevées (**34°C**), néanmoins, nous remarquons des couloirs de température moins élevée qui avoisinent les (**30°C**), notamment sur les axes des ouvertures. Cette baisse de température est engendrée par l'accélération des flux d'air qui permettent de rafraichir l'air.

Il est important de souligner que les données thermiques sont indiquées dans le but de vérifier les résultats en termes de vitesse et de direction des flux d'air uniquement.

## **Synthèse :**

Les simulations effectuées ont permis de déceler un certain nombre de points essentiels dans la configuration architecturale afin d'optimiser la ventilation naturelle dans les logements collectifs :

- La configuration architecturale dans les logements doit privilégier des ouvertures sur deux façades différentes et/ ou opposées permettant une ventilation transversale, afin de créer un balayage optimal.
- La géométrie du bâtiment peut contribuer à créer des mouvements d'air à travers les retraits et les saillis engendrant ainsi un changement de direction de flux.
- La vitesse du flux contribue d'une manière non négligeable à la baisse de température, et ce, à travers le rafraîchissement de l'air.
- La position des ouvertures ainsi que le parcours du flux, doivent être étudiés dès la phase de conception afin, d'optimiser la ventilation naturelle et créer un balayage maximal.
- Avoir une vitesse de l'air à l'intérieur du logement est très important, notamment dans un climat humide, car cette vitesse permet de rafraichir l'air afin d'obtenir un confort thermique. Cette vitesse n'est obtenue que lorsqu'il y a une ventilation transversale qui engendre des accélérations d'air, générant par la même une ventilation de refroidissement.

## 7. Limites du logiciel :

La combinaison des logiciels ECOTECT ANALYSIS 2011 et WINAIR4 nous a permis de vérifier l'efficacité de la ventilation en été en termes de rafraîchissement à travers la comparaison des deux logements l'un bénéficiant d'une ventilation transversale et l'autre d'une ventilation mono-latérale. Néanmoins le logiciel ECOTECT ne permet pas de vérifier la ventilation hygiénique intimement liée aux débits d'air, et cela même si le logiciel permet de visualiser les débits.

En effet la figure (52) et (53) illustrent la différence débits entre le premier et le deuxième logement. Nous constatons que les débits sont nettement plus élevés dans le logement bénéficiant d'une ventilation transversale ; cela est dû à la vitesse de l'air notamment sur les axes des ouvertures.

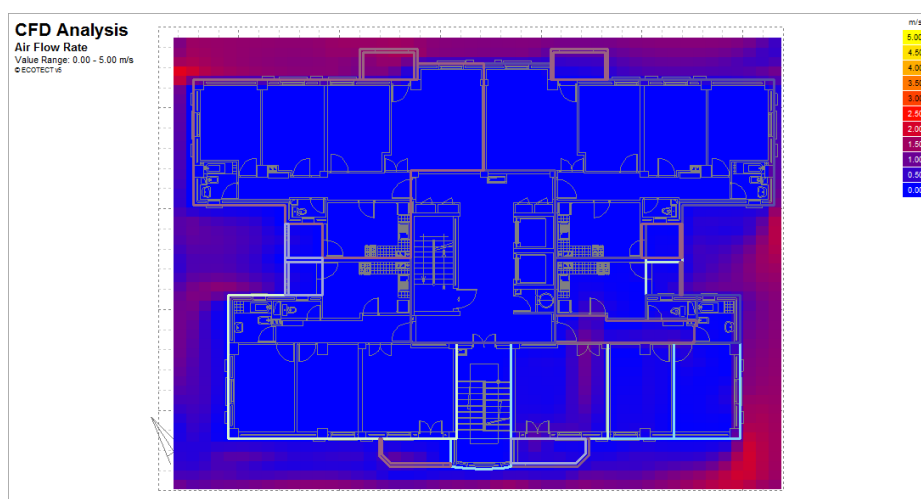


Figure 51: Vue en plan des profils des débits d'air à l'intérieur du logement (1), ventilation transversale, (source auteur)

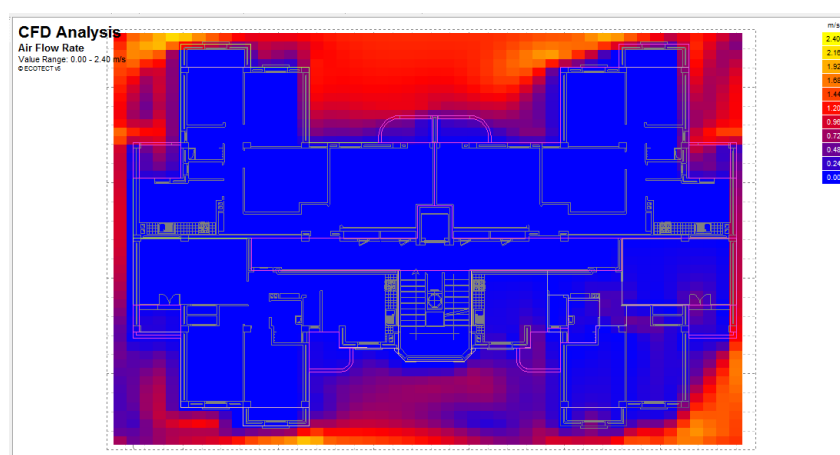


Figure 52: Vue en plan des profils des débits d'air à l'intérieur du logement (2), ventilation mono-latérale, (source auteur)

L'unité des débits sur ECOTECT est en [m/s], ce qui ne nous permet pas de vérifier les débits ou la comparer par rapport aux débits réglementaires. Pour cela, nous allons passer à la vérification des débits à travers la méthode calculatoire.

## 8. Evaluation de l'efficacité de la ventilation à travers la méthode calculatoire :

Afin de définir la vitesse du vent en hiver, nous nous sommes basés sur la rose des vents illustrant les vents dominants en hiver pour la ville d'Alger, elle est obtenue par le logiciel ECOTECT ANALYSIS 2011.

On constate que la fréquence horaire la plus élevée observée en hiver correspond aux vents provenant du secteur SUD-OUEST à une vitesse comprise entre 15 et 20 km/h (4,1 à 5.5 m/s).

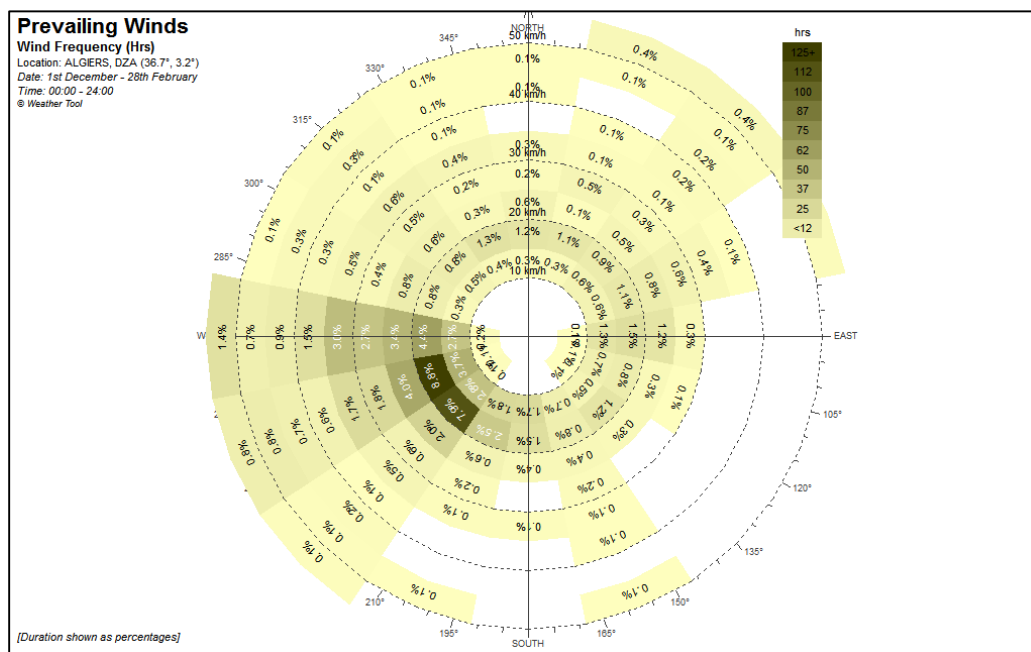


Figure 53: Rose des vents en hiver, ville d'Alger, (weather tool), ECOTECT ANALYSIS 2011

En ce qui concerne l'évaluation de l'efficacité de la ventilation en hiver, nous nous sommes basés essentiellement sur la ventilation hygiénique relative au débit d'air.

En effet, plusieurs modèles théoriques ont été développés pour pouvoir prédire les débits d'air entrant ou sortant et sont toujours d'actualité. Mais dans la pratique une multitude de facteurs influent sur la prédiction idéale et faussent en général le résultat.

A notre échelle, et dans notre cas, nous avons tenté de calculer le débit d'air traversant les ouvertures à travers des formules simplifiées :

La formule de base pour le calcul du débit est la suivante :

$$Q = V \times S$$

- **Q** : débit en [m<sup>3</sup>/s]
- **V** : vitesse [m/s]
- **S** : section [m<sup>2</sup>]

Néanmoins lorsqu'il s'agit des débits relatifs à la ventilation dans le bâtiment, plusieurs facteurs entrent en jeu, c'est pour cela que le coefficient de décharge a été introduit pour pallier aux effets de l'environnement et obtenir une valeur proche de la réalité, il s'agit d'une constante sans dimension qui est généralement prise dans une fourchette de 0,60 à 0,65, valeur par défaut prise dans une multitude de publications citant l'ASHRAE.

$$Q = V \times S \times 0.65$$

Pour cela nous avons pris l'exemple d'une chambre avec

- Une section de fenêtre **S = 1.44 m<sup>2</sup>**.

La vitesse moyenne du vent dominant en hiver d'après les données climatiques d'Alger varie entre (4,1 à 5.5 m/s).

- La vitesse du vent incident calculée par le logiciel ECOTECT ANALYSIS 2011 est de **V = 0.21 m/s**
- Le coefficient de décharge est de **0.65**

Donc :

$$Q = 0.21 \times 1.44 \times 0.65$$

$$Q = 0.19656 \text{ [m}^3\text{/s]} = 702 \text{ m}^3\text{/h}$$

Nous remarquons que les débits amenés sont beaucoup trop élevés pour la ventilation de base, et ce, à cause des surfaces des ouvertures qui génèrent des débits qui dépassent le débit maximum autorisé. En se référant à la norme, les fenêtres et portes ouvertes ne peuvent donc servir que comme dispositifs de "ventilation périodique intensive".

Pour cela, nous retrouvons dans la norme algérienne, en l'occurrence le DTR.C3.31 une formule de calcul qui prend en charge les débits d'air traversant les joints des ouvrants :

Le débit d'air  $q_f = C \times A \times \Delta P^{2/3}$  [m<sup>3</sup>/h]

- C (en m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>.Pa<sup>2/3</sup>) est la perméabilité surfacique de l'ouvrant, c'est-à-dire le débit d'air traversant 1 m<sup>2</sup> de paroi sous une différence de pression de 1 Pa. Les valeurs usuelles des perméabilités surfaciques des ouvrants sont fournies en annexe du DTR.
- A (en m<sup>2</sup>) est la surface en tableau de l'ouvrant
- ΔP (en Pa) est la différence de pression de part et d'autre de la paroi, dans le DTR, ΔP=20Pa

$q_f = 4 \times 1.44 \times 20^{2/3}$  [m<sup>3</sup>/h]

$q_f = 42.44$  [m<sup>3</sup>/h]

Etant donné que les débits à atteindre pour les chambres et les séjours sont fixés dans le DTR comme suit :

- 30 à 45 m<sup>3</sup>/h par chambre
- 45 à 60 m<sup>3</sup>/h par séjour

Donc les débits calculés dans notre cas sont conformes à la réglementation algérienne, à savoir le DTR C3.31.

## Conclusion générale :

A travers cette étude qui a pour objectif d'évaluer l'efficacité de la ventilation naturelle dans les logements collectifs à Alger, nous avons essayé d'une part, de vérifier la ventilation naturelle en termes de rafraîchissement en été par la comparaison de deux logements en se basant sur la vitesse de l'air et l'écoulement du flux à l'intérieur du logement à travers la simulations thermo-aéraulique, et d'autre part, de vérifier l'efficacité de la ventilation hygiénique en se basant sur les calculs des débits réglementaires.

Ce modeste travail nous a permis d'arriver aux conclusions suivantes :

- La série de simulation a démontré qu'une ventilation optimale se base essentiellement sur la ventilation transversale, ce qui n'est pas toujours le cas dans la typologie architecturale dans les nouveaux logements collectifs d'Alger. En effet, de par la non prise en compte des orientations par rapport aux vents dominants en été, ainsi que la construction des logements à simple exposition, cette typologie architecturale a une incidence négative sur la qualité de la ventilation et de l'air à l'intérieur des logements. (*problème de conception relatif à l'hypothèse 1*).

Cette étude a donc démontré la nécessité au recours à a ventilation transversale afin d'augmenter la vitesse de l'air à l'intérieur du logement créant ainsi un rafraîchissement ; et ce, à travers la simulation, qui constitue un outil incontournable pour le concepteur et lui permet de comprendre l'incidence de ses choix architecturaux sur la performance de la ventilation naturelle dans l'espace projeté.

La limite du logiciel ne nous a pas permis de vérifier la ventilation hygiénique. En effet, les débits d'air à l'intérieur des logements, bien qu'ils soient visualisés, n'ont pas pu être vérifiés à travers la simulation, car ils sont tributaires de plusieurs paramètres tels que le taux d'ouverture des fenêtres, les dimensions des ouvertures...etc.

L'Algérie, bien qu'ayant un parc immobilier grandissant ces dernières années, n'a pas pris en considération l'enjeu du confort, notamment celui relatif à la ventilation naturelle de rafraîchissement en été.

- En ce qui concerne la ventilation hygiénique, les textes législatifs existent, comme nous avons pu le constater, et même si leur l'application n'est pas vérifiée lors de la réalisation, nous avons remarqué à travers la méthode calculatoire que les débits de base pour une ventilation hygiéniques correspondent parfaitement aux exigences évoquées dans le DTR C3.31. (*hypothèse 2 et 3*).
- Il est à noter que le DTR C3.31 fournit des coefficients affectés aux types d'ouvertures, c'est pourquoi il est recommandé d'avoir les fiches techniques des fenêtres fournies par les fabricants, et ce, afin de pouvoir les classer selon les débits d'air traversant leurs joints.

Les résultats obtenus à travers ce modeste travail peuvent être considérés comme une contribution à la recherche, et ce, en représentant une base de lancement théorique à d'autres études qui visent à améliorer la configuration architecturale et la prise en charge du confort relatif à la qualité de l'air et de la ventilation naturelle notamment en termes de rafraîchissement en été dans les bâtiments à usage d'habitat.

Une question nous vient à l'esprit :

- Comment peut-on prendre en charge la ventilation de rafraîchissement en été sur le plan réglementaire ?

## Références

### ➤ livres et mémoires

- AIT KACI, Z. 2014. « **L’apport de la cage d’escalier dans la ventilation naturelle : simulation thermo-aéraulique d’un habitat collectif en Algérie** ». Thèse de Magister, Option Architecture et Développement Durable, Tizi Ouzou : Université Mouloud Mammeri, département d’architecture, 156p.
- AL-SHAALI, RK. 2002. « **Maximizing naturel ventilation by design in low rise residential building using wind catctters in the hot ARID climate of UAE** », Thèse de Master, Los Angeles : University of southern California the graduate school, 171p.
- AZIEZ, A. 2007. « **Outil d’évaluation des performances des systèmes de Ventilation Naturelle et Ventilation Hybride** ». Thèse de Master 2 SDI, spécialité MFE, Centre Scientifique et technique du Bâtiment, Paris : Université Pierre & Marie Curie, 33p.
- BENSALEM, R. 1991. « **Wind-driven natural ventilation in courtyard and atrium-type building** ». Thèse de doctorat, Building Science Unit, School of Architectural Studies, University of Sheffield, 279p.
- BERNARD, A.M. « **Ventilation double flux dans le résidentiel : Conception, mise en œuvre et entretien** ». CSTB. France, 2011, 78p.
- BOUMAOUCHE, N. « **Prise en compte de l’humidité dans le projet de réhabilitation des maisons vernaculaires cas de la Medina de Constantine** ». Thèse de magister, Option architecture bioclimatique, Constantin : Université Mentouri, Département d’architecture et d’urbanisme, 278p.
- CACIOLO, M, 2010 « **Analyse expérimentale et simulation de la ventilation naturelle mono-façade pour le rafraîchissement des immeubles de bureaux** », thèse de doctorat, Spécialité “ Energétique ”, école nationale supérieure des mines de Paris, 192p.
- COURGEY, S. OLIVA, J.P, 2006 « **La conception bioclimatique : Des maisons économes et confortables en neuf et en réhabilitation** », terre vivante, France p240.

- FICARELLI, L, 2009, “**The Domestic Architecture in Egypt between past and present : The passive Cooling in Traditional Construction**”. *Proceedings of the third international Congress on Construction History*.
- GAOUAS, O. « **Approches multicritères en conception bioclimatique et optimisation par le biais d’un langage architecturale** ». Thèse de magister, Option architecture forme et ambiances et développement durable, BISKRA : Université Mohamed Khider, Département d’architecture, 223p.
- GHANAM, M. 2003. « **Le système d’aération dans les grandes demeures cairotés et l’influence sociale égyptienne, sous l’empire ottoman du XVIe au XVIIIe siècle** ». Thèse de D.E.A (Master), Paris : Université de Paris I Panthéon Sorbonne UFR d’Art et d’Archéologie, 90p.
- HAJ HUSSEN, M. 2012. « **investigation sur la qualité des ambiances hygrothermiques et lumineuses des habitats palestiniens** », Thèse doctorat, Spécialité sciences et techniques architecturales, Bordeaux : Université Bordeaux 1, 297p.
- IZARD. JL, 2006, « **La ventilation naturelle des bâtiments** ». Marseille : Enviro B.A.T. méditerranée, 30p.
- KHALDI, S. 2013. « **Etude numérique de la ventilation naturelle par la cheminée solaire** », Thèse de magister, Option énergétique, Tlemcen : Université Abou Bekr Belkaid, Département de génie mécanique, 124p.
- KHALEF, N. 2012. « **Etude du patrimoine architectural de la période ottomane : entre valeurs et confort** », Thèse de Magister, Option architecture et développement durable, Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri, Département d’architecture, 156p.
- KOFFI, J. 2009. « **Analyse multicritère des stratégies de ventilation en maisons individuelles** ». Thèse de doctorat, Ecole doctorale Sciences pour l’Environnement et le Développement Durable (SEDD), France : Université de la Rochelle, 224p.

- LAJOIE, P. . LECLERC, J.M et SCHNEBLEN. M, 2006, « **La ventilation des bâtiments d’habitation : impacts sur la santé respiratoire des occupants** ». Québec : Direction risques biologiques, environnementaux et occupationnels, Institut national de santé publique du Québec, 181p.
- MARION.R, SHERMAN.M, RUDD.A. 2005, « **Review of résidentiel ventilation technologie** », Edition Berkeley LAB, 34p.
- MULE, M. 2011. « **Ventilation naturelle dans l’habitat** », Mémoire dans le cadre de la formation « Rénovation écologique », Lyon : Ecole national supérieure d’architecture, 96p.
- MUZAFFAR, A. 2013. « **optimization of heating ventilation , and air-conditioning (HVAC) system configurations** », Thèse de Doctorat, Pakistan : University of engineering & technology taxila, departement of mechanical engineering, **215p**.
- RAOUST.M, AUSTISSIER.J.F, BORNOREL,A , BRINDEL, A « **Ventilation naturelle et mécanique** », Île-de-France : Edition pascale céron Arene, 2012,**57p**.
- RODITI, D. « **Ventilation et lumière naturelles** ». Eyrolles. Paris, 2011, 164p.
- ROULET, C.A. « **Santé et qualité de l’environnement intérieur dans les bâtiments** ». 2<sup>e</sup> édition. Lausanne (Suisse) : PPUR, 2010, 376p.

### ➤ **Journaux, revues et conférences**

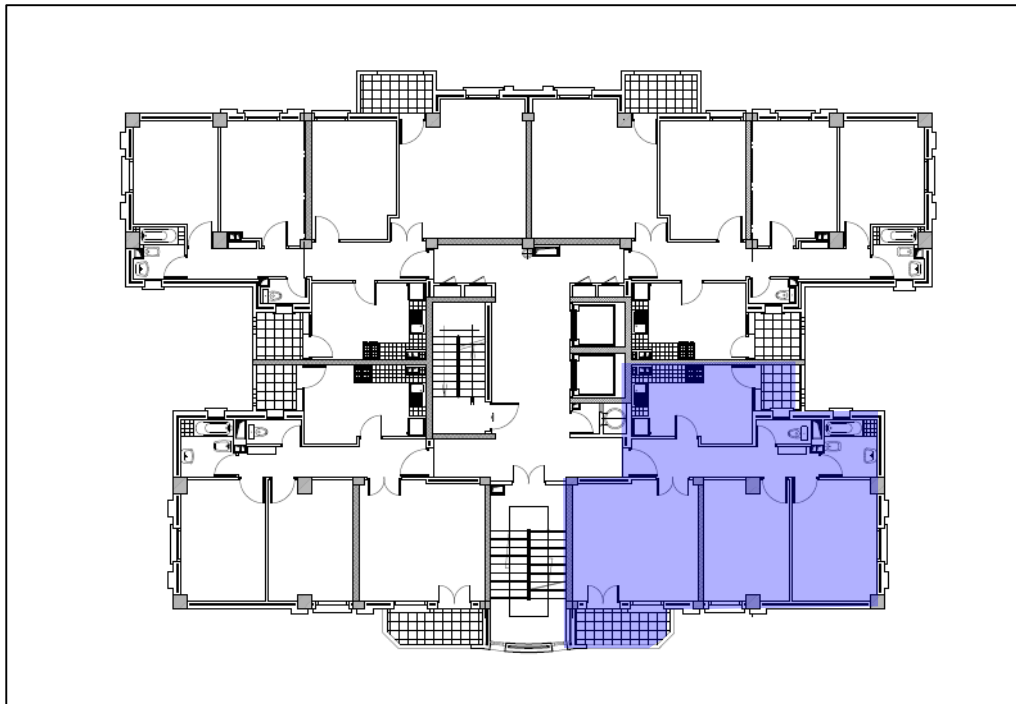
- ATTIA.S, DE HERBE.A, . **Designing the malqaf for summer cooling in low-Rise Housing an Experimental study**. *PLEA2009 - 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Quebec City, Canada, 22-24 June 2009.
- BOUKETTA.S, BOUCHAHM.Y. **L’effet de la géométrie urbaine sur l’écoulement du vent et la ventilation naturelle extérieure**. *Revue des énergies Renouvelables* 2012, Vol.15, N°4 (639-659).

- EL-SHORBAGY A-M. **Design With nature :Windcatcher as a Paradigm of Natural Ventilation Device in Buildings.** *International Journal of civil & Environmental Engineering ,IJCEE-IJENS*, 2010, Vol :**10** no :03.
- SAMAKIA A. **Experimental Study on The Effect of Mashrabiya on Natural Ventilation Difference between normal windows and Mashrabiya.** *Ar713-environmental studies in Architecture and urban design* , first 2014-2015.
- SAVIN, J.L, 2008. **Ventilation hybride hygroréglable concilier performance énergétique et la qualité d'air intérieur dans l'habitat.** Conférence Internationale DERBI, Perpignan, 5-7 juin.
- WOUTERS, P, 2006 « **Building ventilation the state of the art** ». London : Earthscan,

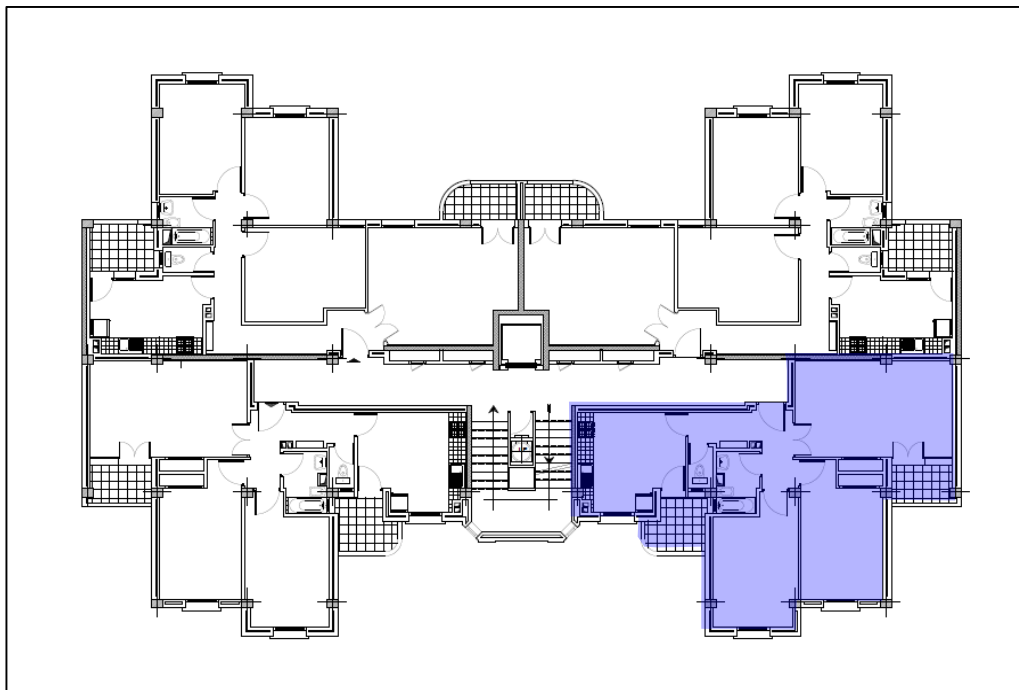
#### ➤ **Sites internet**

- <http://www.cstb.fr/>
- <http://www.aadl.com.dz/>
- <http://www.cardiff.ac.uk/archi/cribe>
- <http://www.autodesk.com/ecotect-analysis>
- <http://www.ademe.fr/>
- <http://www.richard-toluie.com>
- <http://www.autodesk.fr>
- <http://www.tribu-concevoirdurable.fr/>
- [http://conseils.xpair.com/actualite\\_experts/renouvellement-qai.htm](http://conseils.xpair.com/actualite_experts/renouvellement-qai.htm)
- <http://www.tribu-concevoirdurable.fr/actu-detaillee/aeration-des-locaux-actualites-detaillees.html>
- <http://www.aldes.fr/contents/fiches-pratiques-1/ventilation/les-debits-reglementaires>

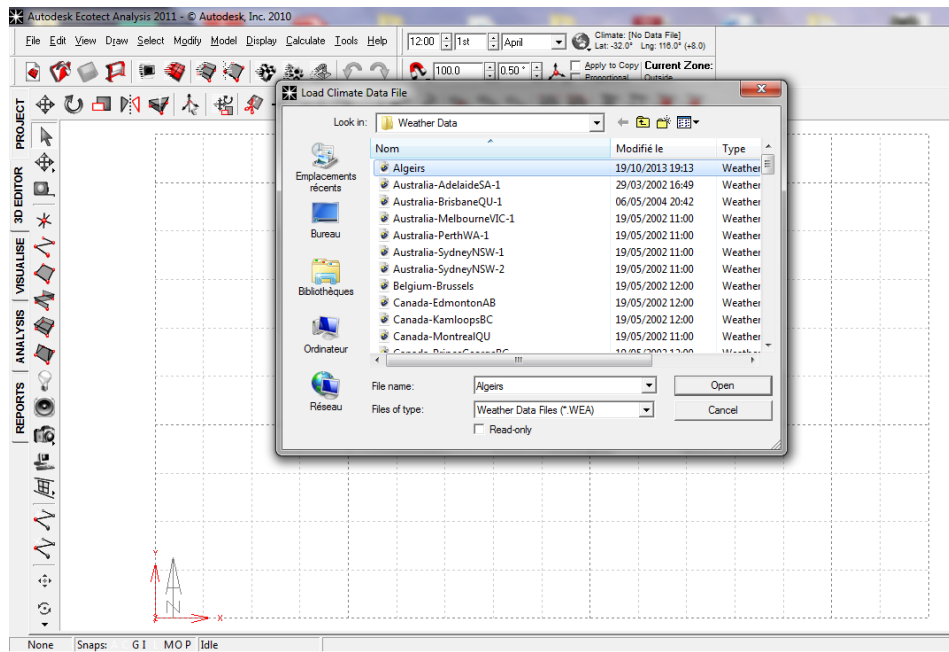
# ANNEXES



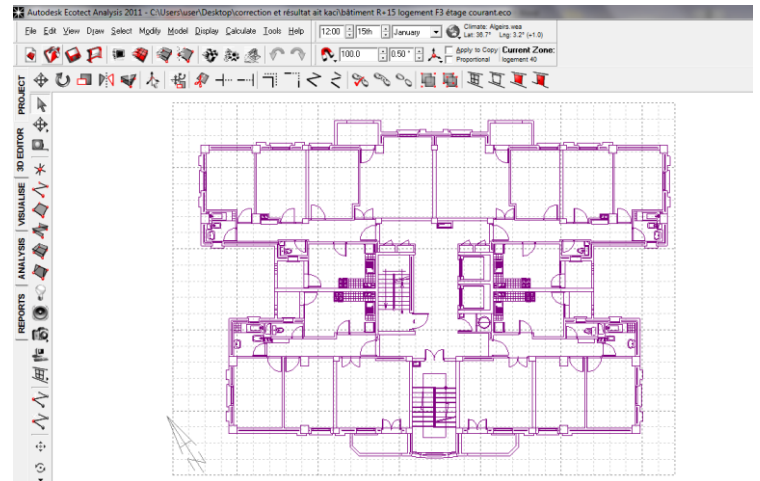
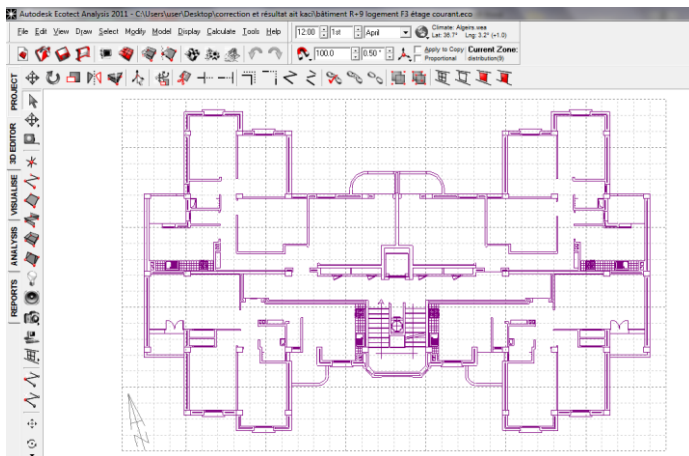
**Annexe 01 : plan de l'étage courant , bâtiment R+15 , source : AADL**



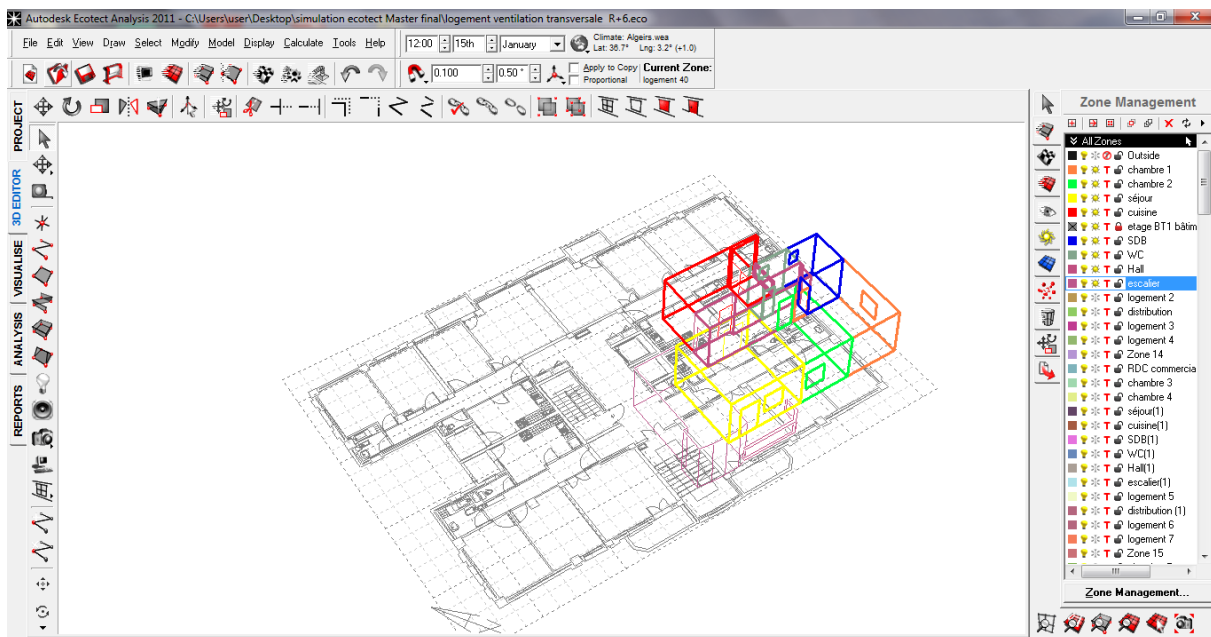
**Annexe 02 : plan de l'étage courant , bâtiment R+09 , source : AADL**



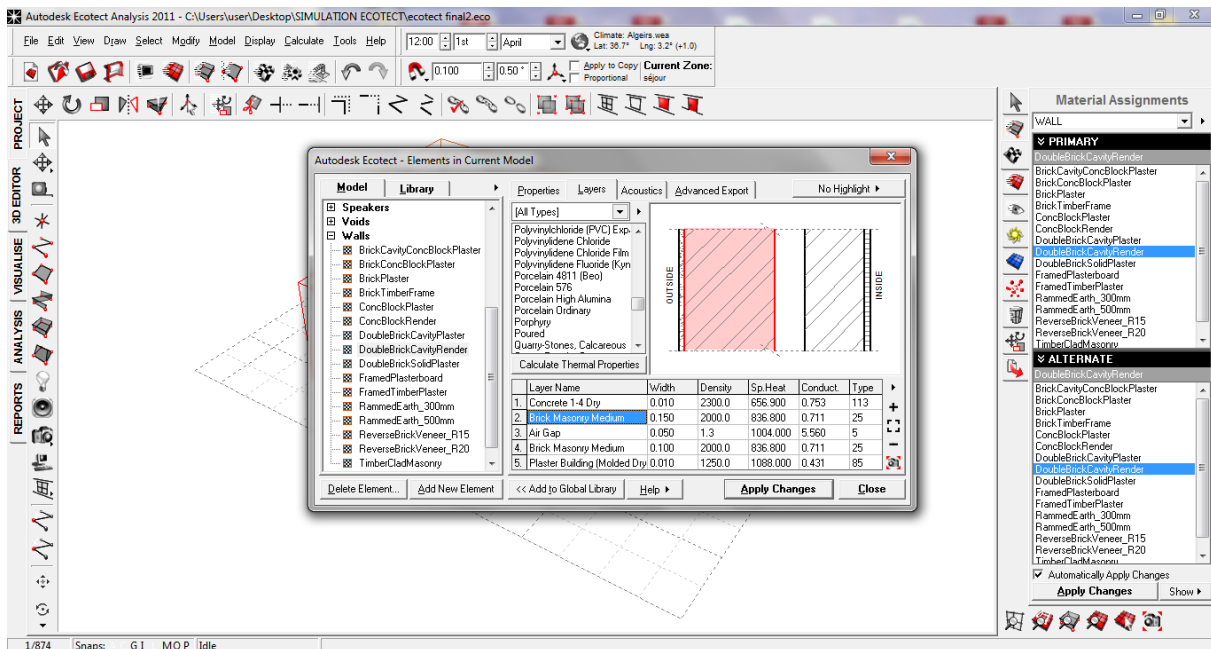
**Annexe 03 : introduction des données climatiques dans le logiciel ECOTECT ANALYSIS 2011, (fichier Weather Data de la ville d'Alger.)**



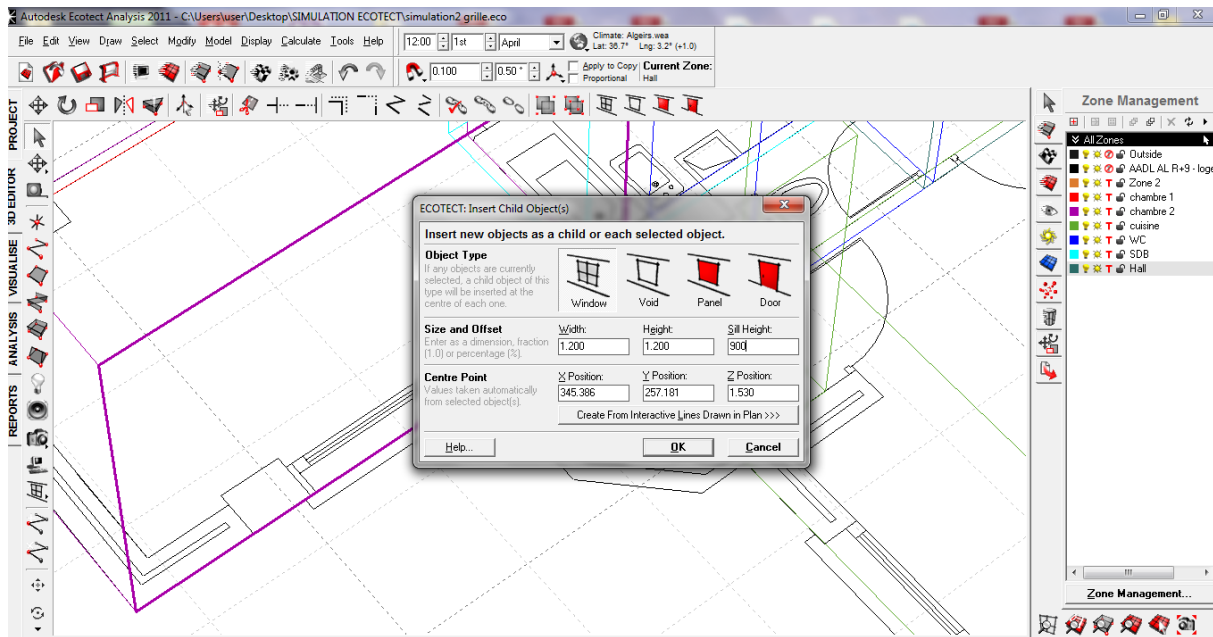
**Annexe 04 : importation des plans sous format DXF à partir du logiciel AUTOCAD 2013 vers le logiciel ECOTECT ANALYSIS 2011, (source : auteur)**



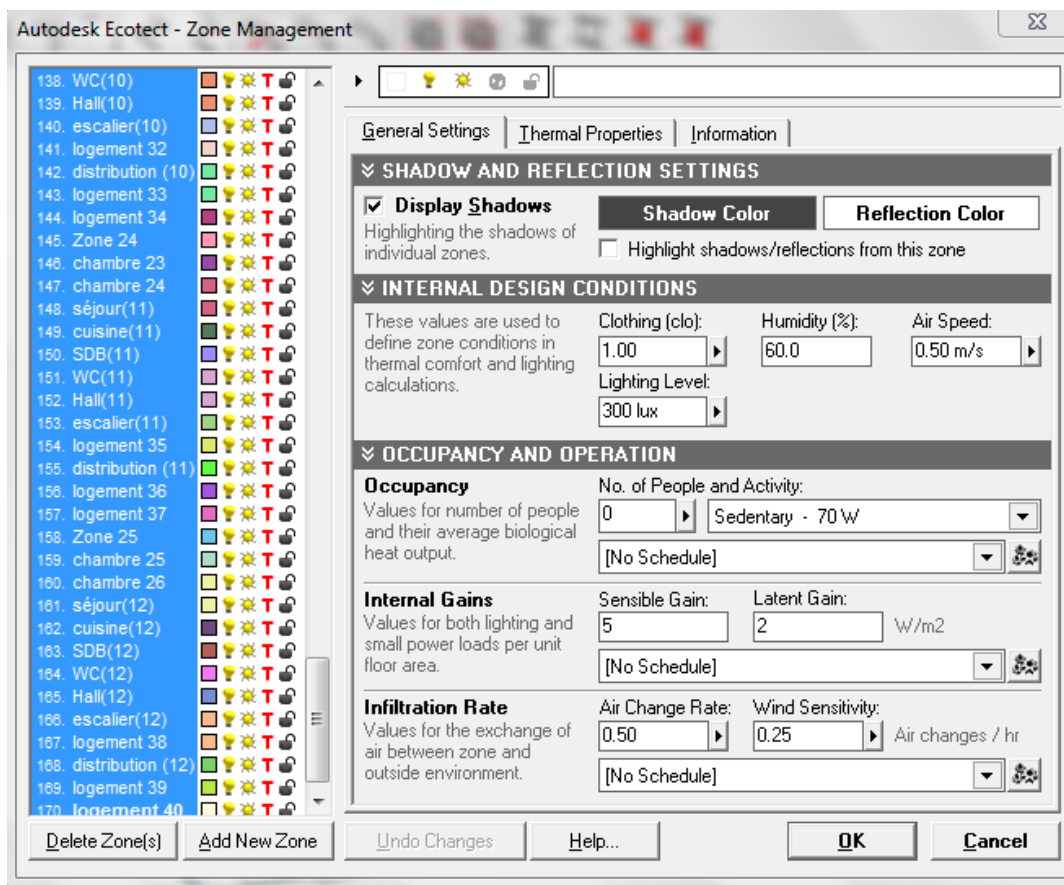
**Annexe 05 : création des zones thermiques sur le logiciel ECOTECT ANALYSIS 2011, (source : auteur)**



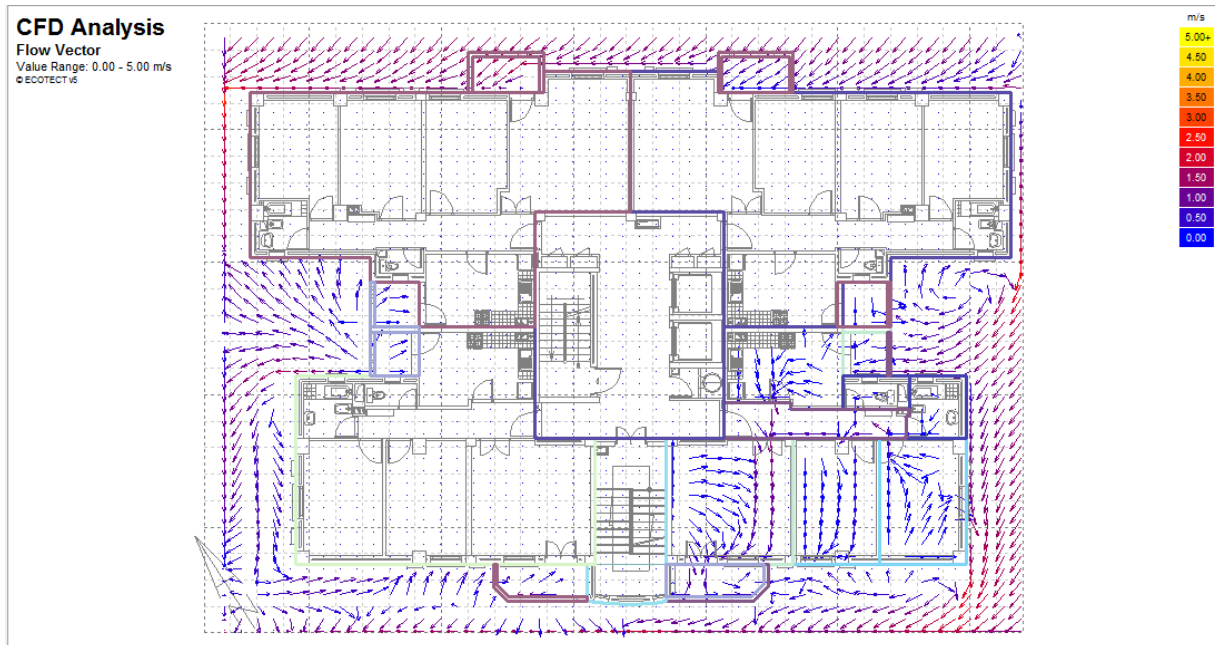
**Annexe 06 : attribution des matériaux pour chaque zone à travers la bibliothèque des matériaux intégrée dans le logiciel ECOTECT ANALYSIS 2011, (source : auteur)**



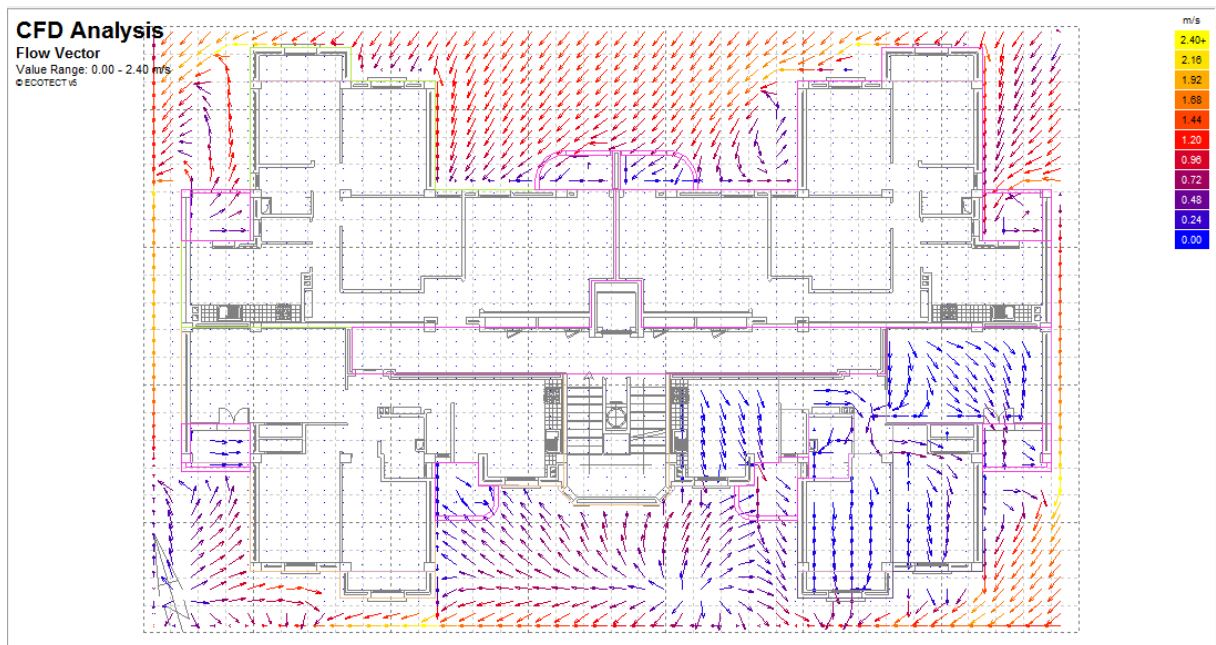
**Annexe 07 : création des ouvertures pour chaque zone thermique (source, auteur)**



**Annexe 08 : boîte de dialogue, réglage thermique, ECOTECT ANALYSIS 2011**

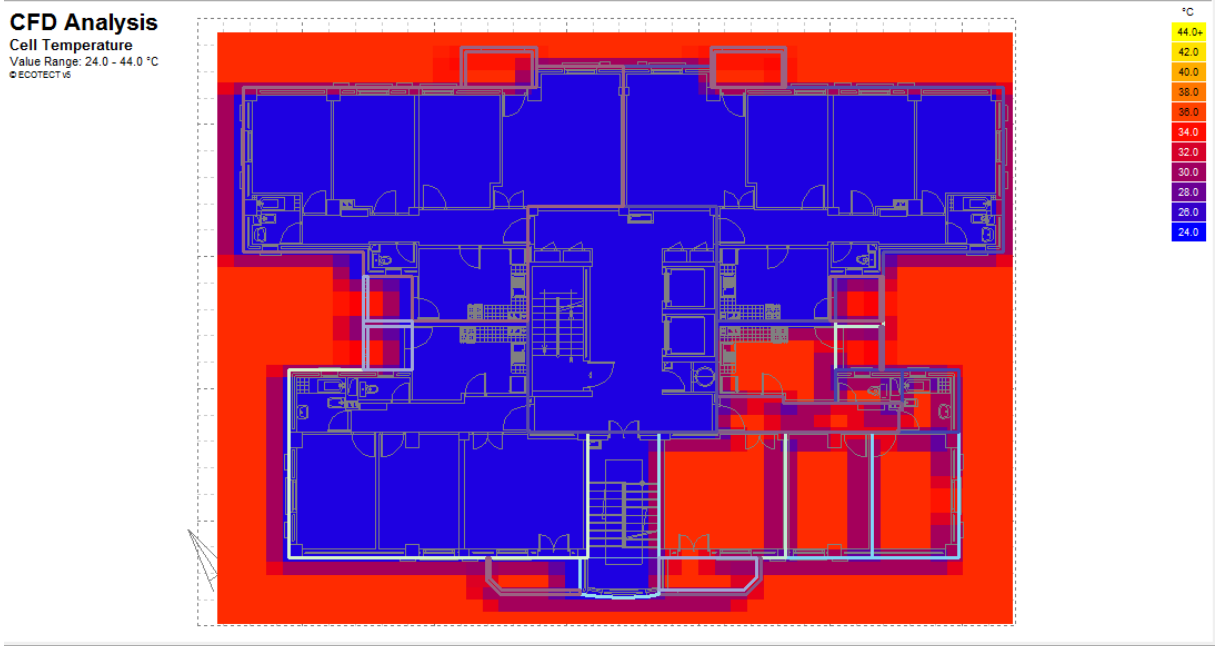


Vue en plan de la vitesse des flux d'air, logement (1), ventilation transversale



Vue en plan de la vitesse des flux d'air, logement (2), ventilation mono-latérale

## Annexe 09 : Profils des vitesses des flux dans le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> logement



Vue en plan de la température à l'intérieur du logement (1), ventilation transversale



Vue en plan de la température à l'intérieur du logement (2), ventilation mono-latérale

## Annexe 10 : Profils des températures intérieures dans le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> logement

DESIGNATION	C (en m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> d'ouverture sous ΔP = 1 Pa)
<b>Portes, fenêtres et portes-fenêtres</b>	
Simple porte, fenêtre et portes-fenêtres	
De classe A3.....	0,3
De classe A2.....	0,8
De classe A.....	2,0
Fenêtre ou porte-fenêtre non classée.....	4,0
Porte non classée avec seuil et joint d'étanchéité.....	1,2
Porte non classée courante sans plots souples en feuillure....	8,0
Porte non classée courante avec plots souples en feuillure...	20
<b>Double fenêtre</b>	
1 fenêtre de classe A3 + 1 fenêtre quelconque.....	0,3
2 fenêtres de classe A2.....	0,5
1 fenêtre de classe A2 + 1 fenêtre de classe* A1.....	0,7
1 fenêtre de classe A2 + 1 fenêtre non classée.....	0,8
2 fenêtres de classe A1.....	1,2
1 fenêtre de classe A1 + 1 fenêtre non classée.....	1,7
2 fenêtres non classées.....	2,4

**Annexe 11 : Valeurs conventionnelles de la perméabilité à l'air  
des ouvrants (perméabilité surfacique des ouvrants)**