



**UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA**

**Faculté des Sciences Appliquées**

**Département de Génie Mécanique**

**Mémoire**

**Présenté pour l'obtention du diplôme de**

**MASTER**

—ooOoo—

**Spécialité : Génie Mécanique**

**Option : Energétique**

—ooOoo—

**THÈME**

**Développement d'une stratégie de ventilation naturelle  
intérieure intégré à efficacité énergétique augmenté  
(cas du secteur résidentiel à Ouargla)**

**Présenté par: SOUIGAT BILAL ET HAMDAT ABD EL FADEL**

**Soutenu publiquement le : 11 / 06 / 2022**

**Devant le jury composé de :**

**Dr.GUERMIT TAHER  
Dr.GHEDAMSI REBHA  
Dr.KINA M.SALAH**

**MCB  
MCB  
MCA**

**Président  
Examinatrice  
Encadreur**

**Année Universitaire 2021/2022**



## Dédicace

*J'exprime ma gratitude les plus sincères et les plus Profonds à Dieu  
tout puissant qui m'a donné la force et la patience pour pouvoir  
accomplir ce travail à terme. Je dédie ce travail à :*

*Mon père.*

*Ma mère.*

*Mes frères et soeurs.*

*Mes oncles et tantes.*

*Mes cousins et cousines.*

*A toutes mes amis, et mes collègues de la promotion de licences en  
génie mécanique*

*En fin je dédie ce travail à toutes les personnes qui de près ou de loin  
m'ont apporté leurs aides.*

*A tout, du fond de mon cœur je vous dédie ce travail*



## REMERCIEMENTS

*En premier lieu nous tenons à remercier Dieu, pour*

*Nous avoir donné la force à accomplir ce travail*

*Notre promoteur\* **Dr : K. M.SALAH\*** Nous tenons à lui exprimer nos remerciements pour  
son soutien et ses conseils.*

*Nos remerciements vont également à toutes les personnes qui*

*Contribuent de près ou de loin pour leurs soutiens et les*

*Conseils dont nous avons bénéficiés tout le long de ce*

*Travail et tout le personnel de l'Université Kasdi Merbah Ouargla*



# Sommaire

Liste des figures.....	I
liste des tableau.....	II
Nomenclature.....	III
Introduction général.....	1
Chapitre 01 (Introduction).....	4
1.1 Introduction.....	5
1.2 Définition de la ventilation .....	4
1.3 Adoption d'aération ou ventilation .....	6
1.4 Les grands principes de base de ventilation naturelle .....	7
1.4.1 Ventilation unidirectionnelle .....	8
1.4.2 Ventilation naturelle traversante .....	8
1.4.3 Ventilation par tirage thermique .....	8
1.4.4 La ventilation par écoulement à effet piston .....	9
1.4.5 Ventilation à circuit court .....	9
1.4.6 Ventilation naturelle assistée et contrôlée (VNAC):.....	10
Chapitre 02 (Stratégie de ventilation naturelle) .....	13
2.1 Introduction .....	14
2.2 Modélisation numérique .....	15
2.2.1 Modèles multizones .....	15
2.2.2 Modèles zonaux .....	15
2.2.3. Modèles Navier-Stokes .....	15
2.3. La Stratégie énergétique.....	15
2.3.1 Modèle énergétique .....	15
2.3.2 Modèle aéraulique .....	16
2.3.3 Modèle thermo-aéraulique .....	16

2.3.4. Modèle hygro-thermo-aéraulique .....	16
2.4 Mise en équations .....	16
2.4.1 La modélisation thermo-aéraulique des bâtiments.....	16
2.4.2 L'équation de continuité .....	18
2.4.3 Équations de conservation de la quantité de mouvement .....	19
2.5 Influence de blindage des bâtiments adjacents .....	21
2.6 Coefficients de décharge.....	22
2.7 Approche de résistance des circuits d'air .....	23
2.8 Estimation de la perte de charge due aux distributions de pression du vent sur les murs extérieurs.....	25
2.9 L'efficacité de la ventilation naturelle.....	26
2.10 Forces motrices.....	26
2.11 Coefficients de pression.....	27
2.11.1 Coefficient de pression intérieure – Cpi... ..	27
2.12 Conclusion.....	29
Chapitre 03 (Application numérique) .....	30
3.1 Réalisation d'une modélisation zonale .....	31
3.1.1 Modèle 1.....	31
3.1.2 Modèle 2.....	32
3.2 Donnée climatique de la zone d'Ouargla.....	33
3.3 Résultats et discussions.....	36
3.3.1 Modèle 1.....	36
3.3.2 Modèle 2.....	41
Conclusion.....	46
Conclusion générale.....	48
Bibliographie .....	49

## Liste des figures:

Figure 1 : Illustrations des principes de base de VN [3].....	8
Figure 2 : Ventilation à effet piston .....	9
Figure 3: Ventilation à circuit court.....	10
Figure 4: Logiciel de calcul du coefficient de décharge cpi .....	29
Figure 5: Ventilation naturelle traversante.....	32
Figure 6: Ventilation à circuit court.....	33
Graphe 1: Vitesse du vent en mois de Janvier .....	34
Graphe 2: Vitesse du vent en mois d'Avril .....	34
Graphe 3: Température extérieure en mois de Janvier .....	35
Graphe 4: Température extérieure en mois d'Avril.....	35
Graphe 5a: Température intérieure en mois de Janvier, cpi = 0.11 .....	36
Graphe 5b: Température intérieure en mois de Janvier, cpi = 0.11 .....	37
Graphe 6a: Température intérieure en mois d'Avril ,cpi = 0.11.....	38
Graphe 6b: Température intérieure en mois d'Avril ,cpi = 0.11 .....	38
Graphe 7a: Température intérieure en mois de Janvier, cpi = 0.04 .....	39
Graphe 7b: Température intérieure en mois de Janvier, cpi = 0.04 .....	39
Graphe 8a: Température intérieure en mois d'Avril ,cpi = 0.04.....	40
Graphe 8b: Température intérieure en mois d'Avril ,cpi = 0.04 .....	40
Graphe 9a: Température intérieure en mois de Janvier, cpi = 0.11 .....	41
Graphe 9b: Température intérieure en mois de Janvier, cpi = 0.11 .....	42
Graphe 10a: Température intérieure en mois d'Avril, cpi = 0.11... ..	42
Graphe 10b: Température intérieure en mois d'Avril, cpi = 0.11... ..	43
Graphe 11a: Température intérieure en mois de Janvier, cpi = 0.04... ..	44
Graphe 11b: Température intérieure en mois de Janvier, cpi = 0.04... ..	44
Graphe 12a: Température intérieure en mois d'Avril, cpi = 0.04... ..	45
Graphe 12b: Température intérieure en mois d'Avril, cpi = 0.04... ..	45

**liste des tableaux:**

Tableau 1.1: Les différents modèles de ventilation générale ..... 11

Tableau 2.1: Les variables dépendantes des équations de base ..... 17

Tableau 2.2: Détermination du pourcentage des aires d'ouverture de chaque face...28

Tableau 2.3: Détermination du coefficient de décharge suivant la zone ..... 28

## **Nomenclature :**

$C_p$  : Chaleur spécifique (J/Kg K)

$D$  : Diffusivité massique ( $m^2/s$ )

$D_{va}$  : Coefficient de diffusion de vapeur d'eau dans l'air ( $m/s$ )

$e$  : Epaisseur (m)

HPV= écran sous toiture réfléchissant

$h$  : Coefficient de transfert thermique par convection ( $W/m^2 K$ )

$h_m$  : Coefficient de transfert de masse par convection ( $Kg/s m^2$ )

ITI: Indemnité temporaire; inaptitude

ITE: L'isolation thermique des murs par l'extérieur (ITE)

$l$  : Dimension (m)

$L$  : Chaleur latente d'évaporation (J/Kg)

$q$  : Densité du flux thermique ( $W/m^2$ )

$q_m$  : Densité du flux massique ( $Kg/s m^2$ )

$R$  : = 8.32 constante des gaz parfait (J/mole K).

$U$ = la facteur de résistance la vapeur d'eau

$S$  : Saturation

$S_d$ =la résistance de la vapeur d'eau

$t$  : Temps (s)

$T$  : Température (K)

VMC :volume mécanique de control

$W_p$ = La limite de plasticité

$W_i$ = La limite de liquidité

## **Les symboles grecs :**

$\lambda$  : Conductivité thermique ( $W/mK$ )

$\rho$  : masse volumique ( $kg/m^3$ )



## Introduction générale:

Le secteur des bâtiments absorbe 40% de la consommation d'énergie en Algérie, et ce pourcentage est en augmentation en raison de l'urbanisation et de la croissance démographique. Les deux tiers de cette énergie sont consommées par le chauffage, la climatisation et la ventilation. L'augmentation de l'utilisation de l'énergie pour différentes utilisations aide à l'augmentation des émissions de gaz CO<sub>2</sub> provoquant l'effet de serre qui peut créer de graves problèmes causant un déséquilibre environnemental et qui conduit au réchauffement de la planète et au changement climatique.

Il est souvent difficile de concilier la recherche de la lumière, le confort thermique et la préservation du caractère de l'habitat pour trouver les solutions adéquates permettant de favoriser la circulation de l'air dans la maison. Cependant, une bonne ventilation et le renouvellement de l'air sont essentiels pour le bien-être de la famille mais aussi pour combattre l'humidité qui engendre des dégâts dans la maison.

Les techniques de refroidissement passives sont devenues plus attractives ces dernières années ce qui justifie leur exploitation sous différentes formes. La ventilation naturelle est un des moyens déjà utilisés dans l'architecture des villes de l'Algérie pour réduire l'utilisation de l'électricité. Une mauvaise maîtrise de la ventilation d'un bâtiment aura des conséquences néfastes sur la qualité de l'air intérieur, et sur les consommations d'énergie des bâtiments.

Par conséquent, les installations de ventilation doivent faire l'objet de modifications dans le cadre de réhabilitations ou de restructurations.

La ventilation naturelle est considérée parmi les moyennes passive et renouvelable pour assurer un confort thermique dans les locaux d'habitations dans le passé, le présent et le futur toujours en présence des vents. Un système de ventilation naturelle repose sur un principe durable, mais ne nécessite pas de maintenance lourde contrairement aux systèmes traditionnels de ventilation mécanique ; la mécanisation de la ventilation entraîne une maintenance plus régulière, en plus d'un nettoyage

## **Ventilation naturelle et phénomène de convection :**

La ventilation naturelle est basée sur le principe du tirage thermique. Ce qui pose un problème de déperdition de chaleur en hiver et des dépenses supplémentaires en énergie. En effet, c'est l'air chaud qui, par phénomène de convection, monte et permet ainsi de faire circuler l'air ambiant vicié en créant des courants d'air.

Plus précisément, l'air neuf de l'extérieur –qui est plus frais– entre dans les entrées situées en partie basse de la pièce pour se répartir sur le plancher et sur toute la surface de la pièce, tandis que l'air vicié –qui est réchauffé par les activités des occupants et le chauffage– monte et s'évacue par les sorties situées en partie haute de la pièce. De ce fait, outre les aspects budgétaires, l'inconvénient principal est l'éventuelle impression d'une trop grande différence de chaleur entre les pieds et la tête.

Le mécanisme de la ventilation naturelle repose sur les forces motrices naturelles (vent, tirage thermique) pour renouveler l'air d'un bâtiment. Le volume d'air renouvelé est influencé par les forces naturelles mobilisables localement (climat) et par la conception du bâtiment (hauteur, exposition au vent).

On trouve différentes styles de dispositions des ouvertures adoptés d'assurer une ventilation naturelle permanente des bâtisses mono zone , et multizones

Une bonne ventilation est indispensable pour garantir un bon renouvellement d'air dans un logement, évacuer les polluants, améliorer la qualité de l'air intérieur et ainsi contribuer à préserver la santé de ses occupants. La ventilation naturelle repose sur un principe physique simple : l'air chaud, plus léger que l'air froid, monte et génère un tirage d'air naturel dans le logement. Un balayage permanent est ainsi créé dans le logement et l'aération naturelle est mise en place. L'air extérieur entre dans les pièces principales et se déplace vers les pièces humides (cuisine, WC, salle de bains) et plus chaudes. Un taux d'humidité élevé est propice au développement de moisissures et mauvaises odeurs. Dans ces espaces, l'évacuation de l'humidité se fait par le conduit des bouches d'extraction. Ce conduit débouche en toiture.

Quand ce système est équipé d'un ventilateur pour aider au tirage thermique, on parle alors de ventilation naturelle assistée, qui consomme de l'énergie électrique pour fonctionner, mais moins qu'une ventilation mécanique (VMC) contrôlée à simple flux

La ventilation naturelle utilise des ressources naturelles telles que la poussée thermique et la pression naturelle des vents sur le bâtiment, ce qui en fait une solution beaucoup plus durable qu'une solution mécanique.

#### **Avantages de la ventilation naturelle :**

- aucune consommation d'énergie;
- aucune nuisance sonore et demande que très peu d'entretien
- économique à l'installation préservation de l'environnement

#### **Inconvénients de la ventilation naturelle :**

En revanche, le système de ventilation naturelle possède aussi des inconvénients dues à des conditions climatiques. Le vent et le tirage thermique n'offrent généralement pas un renouvellement d'air maîtrisé ni suffisant toute l'année, notamment en été (la température extérieure doit être inférieure à celle au sein du logement pour que le tirage s'effectue).

Durant la période estivale, il y a un risque de condensation résultant qui est dû à l'augmentation d'humidité; tandis qu'en hiver, il y a un risque de sur-ventilation et donc une déperdition thermique augmentée.

De plus, ce système de ventilation ne garantit pas une bonne qualité d'air intérieur car le renouvellement de l'air peut être perturbé par l'ouverture des fenêtres et, à l'inverse de la VMC, il ne prend pas en compte l'occupation des locaux.

Autres inconvénients : l'installation d'une ventilation naturelle n'est pas possible dans tous les appartements et les ouvertures en façade peuvent être jugées inesthétiques.

L'architecture du bâtiment, son emplacement, la forme et le dimensionnement des ouvertures ont un impact sur la qualité de celle-ci.

# **Chapitre 01 :**

## **(Introduction)**

## **1.1 Introduction :**

La ventilation naturelle est une stratégie passive, sans moyen mécanique, de maintenir un environnement intérieur confortable. Un des moyens déjà utilisés auparavant dans l'architecture traditionnelle exploitée sous plusieurs formes et sur plusieurs plans. Les systèmes de ventilation doivent satisfaire des exigences d'hygiène, de confort, de respect de l'environnement et d'économie d'énergie.

Elle est au service de trois fonctions principales. Face à la multitude de polluants de l'air intérieur, la ventilation a d'abord un rôle hygiénique qui consiste à maintenir une bonne qualité de l'air intérieur. Cela exige le remplacement de l'air vicié par de l'air dit « neuf », c'est-à-dire supposé exempt de polluant. Il s'agit essentiellement de prévenir l'accumulation de polluants gazeux et d'odeurs désagréables générés au sein même du bâtiment, car état actuel des connaissances montre que la santé et le confort des occupants sont avantagés ou défavorisés selon le type de gestion de l'environnement. La présence de moisissures, de poussières, de dioxyde de carbone et de tout autre contaminant pouvant nuire à la santé des occupants

## **1.2 Définition de la ventilation :**

Il existe plusieurs façons de renouveler l'air : au moyen d'équipements spéciaux (ventilation), par l'ouverture de portes ou fenêtres (ventilation intensive en complément à la ventilation ou l'aération s'il n'y a pas de dispositifs prévus pour la ventilation) et par les interstices et les fentes (infiltration/exfiltration). Ces différentes manières ne sont pas toutes aussi efficaces.

'Ventiler' signifie apporter de l'air frais et évacuer l'air humide et vicié d'une pièce de façon permanente. Ventiler se fait au moyen de dispositifs spécialement prévus à cet effet, qui donnent la possibilité à l'habitant d'assurer un renouvellement de l'air permanent mais réglable. Il existe différents systèmes de ventilation.

Par contre, 'Aérer' est l'action de renouveler des quantités relativement importantes d'air, de manière non permanente, en ouvrant les portes et/ou les fenêtres, le but étant d'atteindre les mêmes résultats qu'en ventilant de manière contrôlée. C'est la méthode la plus simple pour renouveler l'air intérieur, mais pas la plus efficace. Car chaque fois que l'on aère, l'air est souvent renouvelé plus que nécessaire (5 à 40 fois plus), mais l'effet du renouvellement disparaît assez rapidement, en fonction de la situation et du degré de pollution de l'air intérieur (souvent, les concentrations de certains paramètres comme le CO<sub>2</sub> sont à nouveau dépassées après 1 heure

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.

Le renouvellement de l'air qui s'effectue par le biais des interstices et des fentes dans un bâtiment s'appelle l' 'infiltration' (la pénétration de l'air extérieur) et l' 'exfiltration' (l'échappement de l'air intérieur). Cette forme de renouvellement d'air n'est toutefois pas contrôlable, car elle dépend de la force du vent, de la direction du vent, des différences de températures et de l'étanchéité à l'air du bâtiment. C'est pourquoi elle n'est pas considérée comme étant la manière la plus adéquate de garantir un renouvellement de l'air suffisant. Etant donné que la quantité d'air à renouveler dans une pièce dépend du nombre de personnes présentes, l'aération par l'ouverture des portes ou fenêtres, ou par les interstices et les fentes, ne garantit pas un renouvellement de l'air efficace, car ces formes de renouvellement d'air sont difficilement contrôlables. Elles peuvent d'ailleurs provoquer des courants d'air et sont une source de pertes de chaleur inutile. De plus, la pièce sera fortement refroidie par l'ouverture des portes et/ou fenêtres et ne sera plus protégée contre la pluie, l'effraction, les bruits ambiants, le vent, les insectes etc.

### **1.3 Adoption d'aération ou ventilation :**

L'activité humaine (lessiver, nettoyer, cuisiner, transpirer,...) produit pas mal de vapeur d'eau dans le logement, qui doit être évacuée pour éviter des problèmes de condensation et de moisissures. Par ailleurs, l'être humain consomme de l'oxygène, qui doit être apporté par l'air frais extérieur, sinon des troubles physiques pourraient survenir. Ces dernières décennies (particulièrement depuis la crise pétrolière de 1973), une attention croissante a été portée à l'efficacité énergétique des bâtiments, notamment en les rendant étanches. Mais simultanément, le nombre de sources polluantes à l'intérieur du bâtiment a augmenté. Les produits d'entretien sont plus puissants, et donc plus nocifs, et de plus en plus

de matériaux utilisés, comme les matériaux de construction, provoquent des irritations et ne favorisent pas une bonne régulation du climat intérieur. Les particules insalubres s'accumulent souvent à l'intérieur par manque d'aération ou de ventilation. Des études ont prouvé que la qualité de l'air intérieur est souvent bien plus mauvaise que la qualité de l'air extérieur. C'est pour ces raisons qu'aérer ou ventiler est extrêmement important.

En moyenne nous passons 80% de notre temps à l'intérieur. Pour obtenir une ambiance intérieure saine, il est nécessaire d'évacuer autant que possible l'air vicié en ventilant. Si n'est pas possible de ventiler, il faut aérer. Une bonne qualité de l'air n'est d'ailleurs pas seulement importante pour notre santé, mais également pour notre confort et pour le bâtiment lui-même

La ventilation naturelle dépendant de la température extérieure et du vent, elle est donc plus efficace en hiver qu'en été.

#### **1.4 Les grands principes de base de ventilation naturelle:**

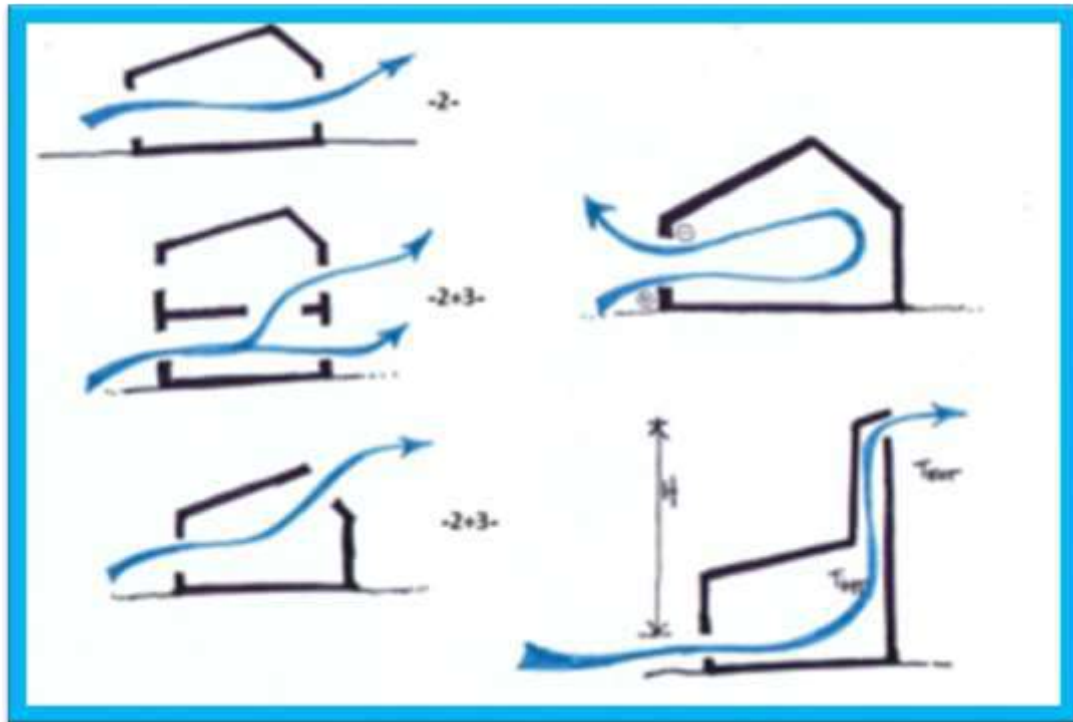
Différents problèmes peuvent surgir suite au manque ou à l'excès de ventilation ou d'aération. Ces problèmes se situent soit au niveau de la santé, soit au niveau du confort, soit au niveau du bâtiment lui-même ou encore au niveau de la consommation énergétique.

La ventilation consiste à renouveler l'air d'une pièce ou d'un bâtiment.

- Elle agit directement sur la température de l'air, puisqu'on remplace un volume d'air à la température intérieure ( $T_{int}$ ) par un volume d'air équivalent à la température extérieure ( $T_{ext}$ ).
- Elle agit indirectement, donc plus lentement, sur les températures de surface des parois, car ces dernières peuvent se refroidir ou se réchauffer par convection au contact d'un air plus froid ou plus chaud.

On peut trouver généralement 5 principes de base qui peuvent être économiques et faciles à réaliser, illustrés dans (la figure 6)

Figure 1: Illustrations des principes de base de VN [3].



#### 1.4.1 Ventilation unidirectionnelle:

S'il n'y a qu'une seule ouverture dans le local, un mouvement d'air se crée sous le double effet de la pression extérieure du vent et de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur. Ceci crée une surpression dans la partie basse de la fenêtre et une dépression en hauteur. (Pour une même vitesse de vent, ce moteur est cinq à six fois plus faible que celui d'une ventilation traversante)

#### 1.4.2 Ventilation naturelle traversante:

La différence de pression entre deux façades, du fait du vent ou d'un ensoleillement différencié, constitue le moteur principal du flux d'air intérieur. De tous les moteurs de ventilation naturelle, l'effet du vent sur un local traversant est de loin, le plus efficace : plusieurs dizaines de volumes par heure pour des vitesses de vent de l'ordre d'1 m/s.

#### 1.4.3 Ventilation par tirage thermique:

Le moteur principal du mouvement d'air peut aussi être le tirage thermique, c'est-à-dire la différence de pression créée par un gradient d'altitude entre l'entrée et la sortie d'air, et un delta



de température entre l'intérieur et l'extérieur. On parle aussi d'effet de cheminée, car il est souvent réalisé en faisant « monter » l'air dans un conduit.

Plus la hauteur est grande et plus la température de l'air intérieur est élevée par rapport à celle de l'air extérieur, plus le fonctionnement du moteur du tirage thermique est optimisé. Ce système a donc son efficacité optimale en hiver, quand la température intérieure est bien supérieure à celle de l'air extérieur.

#### **1.4.4 La ventilation par écoulement à effet piston:**

La ventilation par effet piston est une ventilation où l'écoulement est unidirectionnel, quasi laminaire, caractérisé par une faible turbulence et une faible vitesse d'écoulement d'air à travers toute la surface du local (Figure 2).

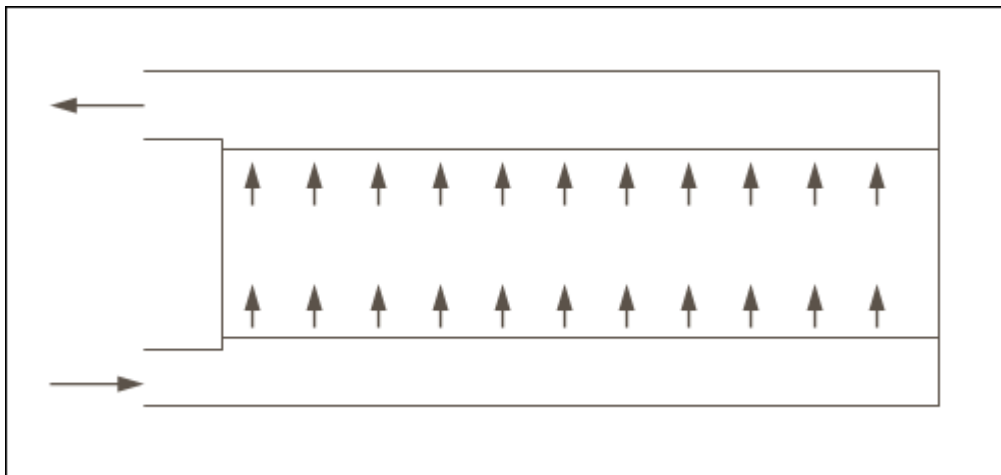


Figure 2: Ventilation à effet piston.

Ce type de ventilation est utilisé comme concept pour la maîtrise du contaminant dans des zones très sensibles (salles d'opération des hôpitaux, par exemple).

#### **1.4.5 Ventilation à circuit court:**

La figure 3 ci-dessous montre schématiquement une situation de ventilation d'écoulement à circuit court, qui pourrait par exemple se produire lorsque l'air chaud est introduit près du plafond et, due à la force de flottabilité, la couche d'air relativement froide se trouvant dans la partie inférieure de la salle est presque découplée du modèle principal d'écoulement dans la partie supérieure de la salle, formant une zone de stagnation. Ce même phénomène peut se produire aussi au sein des bâtiments sous le nom de « l'effet Coanda ». L'émission de

contaminant dans cette partie inférieure de la salle est susceptible d'avoir comme conséquence des valeurs locales inadmissibles de concentration en contaminant.

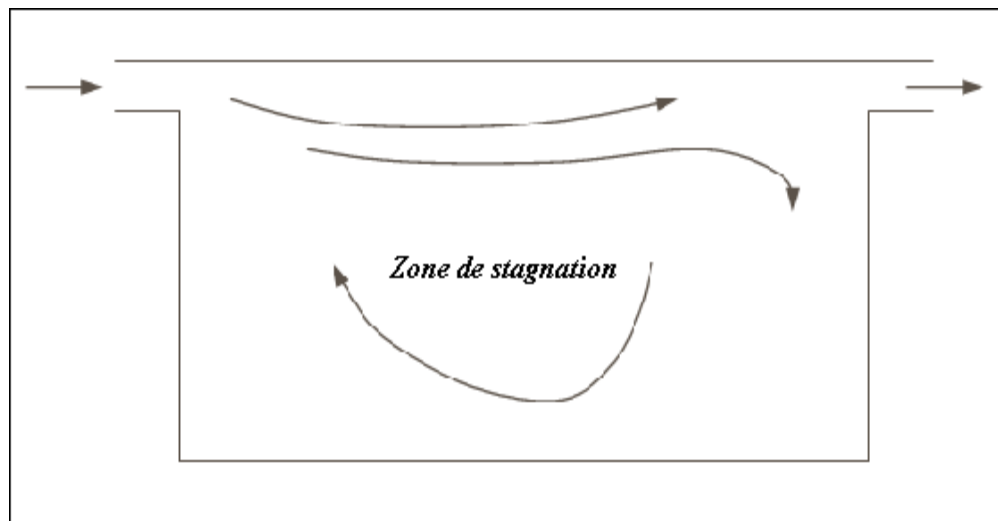


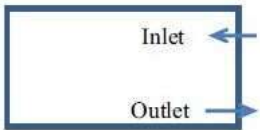
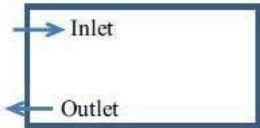
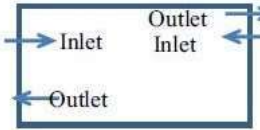
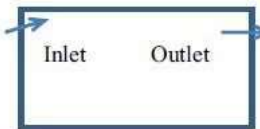
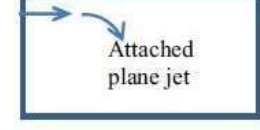
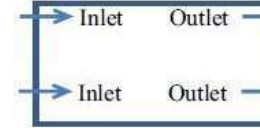
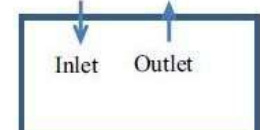
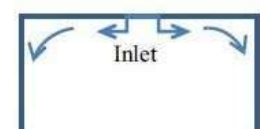
Figure 3: Ventilation à circuit court.

#### **1.4.6 Ventilation naturelle assistée et contrôlée (VNAC):**

L'aléatoire du climat (températures extérieures et vents) constitue le principal inconvénient de la ventilation naturelle. Il s'agit donc de pallier cette faiblesse en confortant le système avec des dispositifs naturels permettant d'augmenter ou de maîtriser les débits. En entrée, ce peut être le degré d'ouverture des fenêtres ou des bouches auto réglables adaptées. En sortie, on peut imaginer : des registres asservis à la vitesse de l'air dans la cheminée, le vent par effet venturi ou par ventilateur statique, le soleil qui surchauffe artificiellement l'air dans le conduit, etc.

Récemment, des études entamées par des chercheurs décrivant différents modèles de ventilation naturelle sont récapitulées dans le tableau 1.1 [4].

Tableau 1.1: Les différentes modèles de ventilation naturelle

	Locations of airflow inlet and outlet	Methods	Main focus	Findings
Boyle Son (1899) [19]		Investigation	Airflow distribution and indoor air quality.	<ul style="list-style-type: none"> <li>This is one of the very earliest forms of mechanical ventilation</li> <li>Downdraught ventilation by mechanical impulsion is pronounced by public health experts to be highly prejudicial to health.</li> </ul>
Clements (1975) [14]		Model experiment	Airflow pattern and the effect of Archimedes number.	<ul style="list-style-type: none"> <li>The air pattern is almost a function of the Archimedes number. As Ar increases, the jet deflection from the horizontal increases.</li> </ul>
Sandberg et al. (1986) [25]		Experimental study	Air exchange efficiency and contaminant exposure.	<ul style="list-style-type: none"> <li>The ceiling-to-floor system gives rise to a comparatively rapid exchange of the air with heating. However, the evacuation of the contaminant is delayed.</li> </ul>
Nielsen (1991) [111]		Modeling and experimental study	Simplified design method.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simplified design models work well with simple geometry</li> <li>Measurements show significant deviation.</li> </ul>
Sandberg et al. (1992) [26]		Experimental study	The effect of Archimedes number on the airflow distribution.	<ul style="list-style-type: none"> <li>The critical supply Archimedes number at which the jet breaks away from the surface as soon as it leaves the nozzle was just below 0.03.</li> </ul>
Awbi and Gan (1993) [27]		Numerical study	Air distribution and ventilation effectiveness.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Air distribution systems should be different for heating and cooling in order to achieve a comfortable room environment.</li> </ul>
Lee and Awbi (2004) [28]		Experimental and numerical study	The effects of partitions on the room air quality as well as ventilation performance.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Increasing the partition gap underneath from 0%H to 10%H causes an overall improvement in the air change efficiency.</li> </ul>
Cao et al. (2010) [29]		Experimental study	Maximum velocity decay in the air distribution via attached plane jet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Attached plane jet can be used as an effective method to avoid draught in mixing ventilation conditions.</li> </ul>

Vue une manque de développement de modèles simplifiés en ventilation naturelle; cependant, notre étude à pour objective d'attribuer des modèles simples pour le développement de stratégies de ventilation naturelle appliquées aux locaux mono zones sous des conditions climatiques de la ville d'Ouargla, en trois chapitres, au travers d'une étude numérique basée sur une approche de résistance,

Cette ville du sud de l'Algérie appartient aux zones arides (chaud et sec en été), une des régions qui présente, un degré d'humidité généralement faible de l'ordre de 11% en période estivale et

de 25% à 35%, et un gisement important de vents et de soleil, ou l'assurance du confort est possible par une ventilation naturelle.

## **Chapitre 02 :**

**(Développement d'une stratégie de ventilation naturelle)**

## 2 Stratégie de ventilation naturelle :

### 2.1 Introduction

De nombreux bâtiments dans les climats chauds, en particulier dans les régions arides, dépendent pour une grande partie du temps sur la ventilation naturelle des brises dominantes pour le confort thermique intérieur. Beaucoup d'efforts dans ces dernières années a été orienté vers l'utilisation de la dynamique des fluides computationnelle dans l'évaluation flux d'air à travers les bâtiments basé sur la solution des équations de Navier-Stokes incorporant un modèle de turbulence. Cette approche nécessite une préparation approfondie des données pour produire des résultats dans un temps de calcul acceptable. L'évaluation quantitative de la ventilation naturelle à travers de nombreux bâtiments à petit budget dans les régions aride n'est pas évaluée en raison d'un manque de programmes informatiques simples.

Les bâtiments plus petits sont souvent conçus pour une ventilation transversale par les brises dominantes avec écoulement entrant dans une ouverture au vent et s'épuisant par une ouverture sous le vent. Un tel flux à travers un nombre limité d'ouvertures en série peut être calculé très rapidement sur un ordinateur personnel

en utilisant une approche de débit d'orifice basée sur des estimations de différences de pression et de débit coefficients d'ouvertures. Lorsque les bâtiments ont des ouvertures de ventilation externes dans un certain nombre de pièces et branches de flux à l'intérieur du bâtiment, il n'est plus possible de calculer directement le flux d'air dans les différentes branches du réseau aéraulique. Le flux dans de tels réseaux peut être analysé itérativement sur un ordinateur personnel par résolution répétitive d'équations simultanées pour l'écoulement de débits dans les branches aux nœuds et conservation du débit massique à travers le réseau. La procédure de calcul utilise la méthode Hardy Cross d'équilibrage des flux aux nœuds du réseau jusqu'à ce que les erreurs sur l'ensemble du réseau soient suffisamment faibles. Sources de données sur les distributions de la pression du vent sur les murs du bâtiment et avec l'influence de blindage des bâtiments voisins sont fournies ainsi qu'une description détaillée d'une procédure de résolution des débits d'air du réseau sont suffisants pour la simulation de la ventilation naturelle. Ces méthodes utilisent les différences de pression et coefficients de décharge pour une ventilation transversale simple et à court circuit.

## **2.2 Modélisation numérique**

### **2.2.1 Modèles multizones :**

Dans ce type de modélisation, le bâtiment est divisé en différentes zones où chaque zone thermique correspond à une pièce ou plusieurs pièces soumises à des conditions similaires. Cette modélisation permet de prendre en compte la répartition non uniforme des températures dans les différentes pièces d'un bâtiment. Elle permet également de conjuguer la modélisation thermique avec les mouvements d'air entre les différentes zones du bâtiment. Ces outils de calcul cités, faisant partie de cette deuxième génération de simulation, traitent un bâtiment comme étant un ensemble de zones parfaitement et instantanément mélangées. Ils caractérisent alors les transferts entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment, ainsi qu'entre les différentes zones qui le composent [5].

### **2.2.2 Modèles zonaux :**

Une modélisation zonale peut être réalisée en négligeant les termes de viscosité dans les équations de Navier-Stokes.

Il est attendu que la résolution du système d'équations résultant, appelé équations d'Euler, permettra une représentation adéquate des hétérogénéités de vitesse et de température dans les enceintes de bâtiment tout en exigeant moins de ressources informatiques que les modèles Navier-Stokes [6].

### **2.2.3 Modèles Navier-Stokes :**

Les modèles Navier-Stokes ont été largement utilisés pour la simulation du comportement de l'air dans un local. D'après ces auteurs, la simulation d'un bâtiment dans son ensemble ou de plusieurs pièces nécessitent des ressources de calculs qui dépassent en pratique les capacités des machines les plus courantes, et exigent des temps de calculs très élevés. De plus, une simulation transitoire est hors de portée des ordinateurs courants, ce qui rend ce type de modélisation peu pratique pour des simulations énergétiques. Les modèles basés sur la résolution des équations de Navier-Stokes couplées à l'équation de conservation d'énergie permettent l'évaluation détaillée des mouvements thermo-aérodynamiques dans les locaux [6].

## **2.3 La Stratégie énergétique :**

### **2.3.1 Modèle énergétique :**

Ce type de stratégie permet la description du comportement thermique du bâtiment, elle fournit la température régnant dans un local, d'où son importance en mécanique du bâtiment pour l'évaluation des performances énergétiques. C'est un critère majeur dans les études de consommation d'énergie.

### **2.3.2 Modèle aéraulique :**

Elle consiste à décrire le mouvement d'air à l'intérieur d'un bâtiment. Elle est indispensable pour analyser le couplage de deux pièces à travers des grandes ouvertures.

### **2.3.3 Modèle thermo-aéraulique :**

C'est une approche qui modélise de façon plus réaliste l'enveloppe du bâtiment; car les débits d'air, qu'ils soient dus à l'infiltration ou aux mouvements d'air interzonaux, ont un impact important sur la consommation énergétique. Pour cette raison, plusieurs travaux ont été entrepris pour construire des codes thermo-aéraulique.

Dans ce type de modélisation, les systèmes énergétiques et aérauliques sont soit résolus séparément et le couplage est assuré par une méthode itérative, soit le système est complètement couplé et la résolution des équations se fait simultanément.

### **2.3.4 Modèle hygro-thermo-aéraulique :**

Ce type de modélisation est très peu utilisé en simulation énergétique des bâtiments à cause de la complexité des phénomènes physiques agissants sur l'enveloppe du bâtiment.

La prise en compte du facteur d'humidité est importante pour une meilleure évaluation de la consommation énergétique. Une modélisation hygro-thermo-aéraulique d'un bâtiment multizones a été proposée par [7]. qui a représenté l'humidité d'une manière réaliste, en prenant en considération plusieurs paramètres importants :

1. Les échanges d'air humide avec les zones périphériques et l'extérieur;
2. L'influence du système de chauffage et de climatisation;
3. Les échanges de vapeur avec les matériaux hygroscopiques à l'intérieur d'une pièce;
4. La diffusion de la vapeur dans l'air et les apports d'humidité par présence humaine ou animale et des plantes.

## **2.4 Mise en équations**

### **2.4.1 La modélisation thermo-aéraulique des bâtiments:**



La majorité des études portant sur la modélisation thermo-aéraulique des bâtiments reposent sur la résolution numérique des équations de Navier-Stokes (régissant de la dynamique des fluides visqueux). Ces équations s'expriment comme suit :

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\phi) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_j \phi) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial x_i} \right) + S_\phi \quad (2.1)$$

(1)                      (2)                      (3)                      (4)

- (1) Terme non stationnaire
- (2) Convection
- (3) Diffusion
- (4) Terme source

Où: les variables  $\phi$ ,  $\Gamma_\phi$  et  $S_\phi$  sont représentés dans le tableau 2.1

Tableau 2.1: Les variables dépendantes des équations de base

Variables	$\phi$	$\Gamma_\phi$	$S_\phi$
Équation de continuité	1	0	0
Équation de conservation de mouvement	u, v, w	$\mu$	0
Équation d'énergie	T	$\frac{k}{\rho C_p}$	Q

En négligeant les termes de diffusion dans les équations de Navier-Stokes, on obtient les équations d'Euler (régissant de la dynamique des fluides non visqueux). Ces équations s'expriment sous la forme suivante :

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\phi) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_j \phi) = S_\phi \quad (2.2)$$

La détermination des mouvements thermo-aérauliques et de la qualité de l'air intérieur dans un bâtiment repose sur la résolution des équations d'Euler couplées à l'équation de conservation d'énergie et l'équation de concentration massique. Les simulations thermo-

aérouiques basées sur les équations de Navier-Stokes nécessitent des temps de calculs importants.

Les équations de conservation de quantité de mouvement s'expriment comme suit :

Pour cette raison l'élimination du terme de viscosité,  $\left(\Gamma_{\phi} \frac{\partial \phi}{\partial x_i}\right)$  de l'équation 2.1 a pour but de réduire le temps de simulation.

Un modèle peut être développé généralement en se basant sur les hypothèses suivantes:

1. Le problème est bidimensionnel ou tridimensionnel selon les cas;
2. Compressibilité de L'écoulement;
3. Viscosité du fluide;
4. Régime de l'écoulement

Les propriétés physiques du fluide ( $CP$  et  $k$ ) sont constantes et évaluées à une température moyenne. Toutefois, la masse volumique dans le terme représentant la force de gravité (Terme d'Archimède) dans l'équation du mouvement selon l'axe  $z$ , varie linéairement avec la température (approximation de Boussinesq). Ainsi, la masse volumique ( $\rho$ ) est remplacée dans cette équation comme suit :

$$\rho[1 - \beta(T - T_{ref})] \quad (2.3)$$

Où  $\beta$  est le coefficient d'expansion volumique,  $\beta = T_{ref}^{-1}$  et  $T_{ref}$  est une température de référence.

#### 2.4.2 L'équation de continuité:

L'équation de continuité traduit le principe de conservation de la masse au sein d'un écoulement sous plusieurs formes différentes :

- Locale conservative, (dérivée en temps normale)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{U}) = 0 \quad (2.4)$$

- Intégrale:

$$\frac{d}{dt} \int_{\Omega(t)} \rho(\vec{x}, t) d\Omega(t) = 0 \quad (2.5)$$

### 2.4.3 Équations de conservation de la quantité de mouvement :

Trois forces représentent les forces de pression, les forces de viscosité et les forces massiques (gravité) pour former les équations de conservation de quantité de mouvement s'expriment comme suit :

Selon la direction x:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} \quad (2.6)$$

Selon la direction y:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} \quad (2.7)$$

Selon la direction z :

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + g\beta(T - T_{ref}) \quad (2.8)$$

Ces équations sont couplées à l'équation de conservation d'énergie :

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = \alpha \left[ \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right] + Q \quad (2.9)$$

Où 
$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p} \quad (2.10)$$

À ces équations régissant les champs de pression, vitesse et température dans une pièce, s'ajoute l'équation de concentration pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial z} = D \left[ \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right] + \dot{N} \quad (2.11)$$

Où  $D$  et  $N$  représentent respectivement le coefficient de diffusion et le terme source.

Beaucoup d'efforts dans ces dernières années a été orienté vers l'utilisation de la dynamique des fluides computationnelle dans l'évaluation du flux d'air à travers les bâtiments basé sur la solution des équations de Navier-Stokes incorporant un modèle de turbulence. Cette approche nécessite une préparation approfondie des données et une utilisation d'un ordinateur puissant pour produire des résultats dans un temps de calcul acceptable pour les deux solutions numériques et visualisation de flux simulés.

L'évaluation quantitative de la ventilation naturelle à travers de nombreux bâtiments résidentiels ou tertiaires dans des zones aride n'est pas évaluée en raison d'un manque de programmes informatiques simples. Ce qu'il faut, ce sont des programmes qui peuvent fonctionner avec des ressources personnelles modestes par ordinateurs et être utilisé rapidement pour comparer la performance relative de la ventilation naturelle de plans de construction alternatifs pour les directions de brise dominantes au cours de la phase de conception préliminaire. Les plus petits bâtiments sont souvent conçus pour une ventilation transversale par les brises dominantes avec un écoulement entrant dans une ouverture au vent et s'épuisant par une ouverture sous le vent. Un tel flux à travers un nombre limité d'ouvertures en série peut être calculé très rapidement sur un ordinateur personnel en utilisant une approche de débit d'orifice basée sur des estimations de différences de pression et de débit coefficients d'ouvertures. Lorsque les bâtiments ont des ouvertures de ventilation externes dans un certain nombre de pièces et branches de flux à l'intérieur du bâtiment, il n'est plus possible de calculer directement le flux d'air dans les différentes branches du réseau aéraulique. Le flux dans de tels réseaux peut être analysé itérativement sur un ordinateur personnel par résolution répétitive d'équations simultanées pour l'écoulement débits dans les branches aux nœuds et conservation du débit massique à travers le réseau. La méthode Hardy Cross est utilisée comme procédure d'équilibrage des flux aux nœuds du réseau jusqu'à ce que les erreurs sur l'ensemble du réseau soient suffisamment faibles. Les sources de données sur la pression du vent les distributions sur les murs du bâtiment et l'influence de blindage des bâtiments voisins sont fournies ainsi qu'une description détaillée d'une procédure de résolution des débits d'air du réseau suffisants pour d'écrire le code informatique de modélisation [8] .

### **2.5 Influence de blindage des bâtiments adjacents:**

La plupart des données de répartition de la pression du vent sur les formes des bâtiments concernent des bâtiments sans obstacles à proximité. En réalité, il y a souvent des bâtiments de taille similaire à moins de six hauteurs de construction du bâtiment d'intérêt. Les effets de blindage de ces adjacents bâtiments sur les différences de pression du vent entre les murs au vent et sous le vent du bâtiment blindé ont été étudiés par Lee et al. [8].

Ces études suggèrent que pour des bâtiments cuboïdes de taille similaire disposés de façon régulière quadrillage échelonné il existe trois régimes d'écoulement distincts, écrémage, sillage régimes d'interférence et de rugosité isolée.

Pour les bâtiments cuboïdes dans une grille régulière, un flux d'écrémage domine lorsque l'espacement clair entre les bâtiments est inférieur à 1,4 de la hauteur de bâtiment. Cela se traduit par des différences de pression entre les murs au vent et sous le vent du bâtiment protégé étant pratiquement réduite à zéro dans des espaces très proches atteignant environ 25 % de la différence de pression correspondante sur un bâtiment isolé.

Pour les bâtiments cuboïdes dans une grille régulière, un flux d'interférence de sillage domine lorsque l'espace libre entre les bâtiments est compris entre 1,4 et 2,6 des hauteurs de bâtiment. Cela se traduit par des différences de pression du vent entre les murs au vent et sous le vent du bouclier bâtiment étant réduit de 25% à 50% de la différence de pression correspondante sur un bâtiment isolé.

Pour les bâtiments cuboïdes dans une grille régulière, un régime d'écoulement de rugosité isolé domine lorsque l'espace libre entre les bâtiments dépasse 2,6 des hauteurs de bâtiment. Cela se traduit par différences de pression du vent entre les murs au vent et sous le vent du bouclier bâtiment étant réduit de 50% de la différence de pression correspondante sur un bâtiment isolé à un espacement de 2,6 de la hauteur du bâtiment atteignant environ 100 % lorsque les espacements dégagée approchent six hauteurs de bâtiment. Pour les bâtiments cuboïdes disposés en grille échelonnée, un flux d'écrémage domine lorsque l'espace libre entre les bâtiments est inférieur à 1,4 de la hauteur du bâtiment. Cela se traduit par des différences de pression entre les parois au vent et sous le vent du bâtiment protégé étant réduite pratiquement à zéro dans des espaces très proches atteignant environ 12 % de la différence de pression correspondante sur un bâtiment isolé.

Pour les bâtiments cuboïdes disposés dans une grille échelonnée, un flux d'interférence de sillage domine lorsque l'espace libre entre les bâtiments est compris entre 1,4 et 2,6 des hauteurs de bâtiment. Il en résulte des différences de pression du vent entre les murs au vent

et sous le vent du bâtiment blindé étant réduit de 12% à 33% de la différence de pression correspondante sur un bâtiment isolé. Pour les bâtiments cuboïdes disposés en grille échelonnée, un flux de rugosité isolé régime domine lorsque l'espace libre entre les bâtiments dépasse 2,6 hauteurs de bâtiment. Il en résulte des différences de pression du vent entre les murs au vent et sous le vent de le bâtiment blindé étant réduit de 33% de la différence de pression correspondante sur un bâtiment isolé à un espacement de 2,6 hauteurs de bâtiment s'élevant à environ 100 % lorsque les espacements libres approchent 7,5 hauteurs de bâtiment. Les permutations et combinaisons illimitées de formes de construction possibles et les espacements empêchent la probabilité que des données définitives soient disponibles pour un bâtiment spécifique formes et situations de blindage. À moins de conduire une soufflerie à couche limite étude pour une situation de blindage spécifique, les données ci-dessus pour les réseaux de cuboïdes donneront une indication du type d'effets à prévoir.

## 2.6 Coefficients de décharge:

Un moyen simple pour estimer le débit volumique turbulent ou le débit à travers une ouverture dans un tuyau en raison d'une différence de pression nominale (perte de charge) est d'appliquer l'équation de Bernoulli aux points le long d'une ligne de courant en amont et en aval de l'ouverture. Comme cette méthode ne peut ne pas s'adapter à la dynamique complexe des écoulements de fluides séparés en aval de l'ouverture; un facteur de correction empirique ou débit coefficient est utilisé pour obtenir une estimation réaliste. Le débit d'air volumétrique,  $Q$  (m<sup>3</sup>/s) à travers une ouverture avec une surface libre  $A$  (m<sup>2</sup>) et un coefficient de décharge,  $C_d$  (sans dimension) et généralement pris égal à 0,65 pour les des ouvertures rectangulaires bordées, la perte de charge étant  $H_L$  (Pa), est exprimé par [9] :

$$Q = C_d A (H_L)^{0.5} \quad (\text{m}^3/\text{s}). \quad (2.12)$$

La vitesse moyenne,  $V$  (m/s) à travers une ouverture avec un écoulement turbulent peut être calculé en divisant le débit volumétrique par la surface de l'ouverture  $A$  (m<sup>2</sup>) :

$$V = C_d (H_L)^{0.5} \quad (\text{m/s}). \quad (2.13)$$

La perte de charge, différence entre la pression totale amont et la pression aval pression statique, est bien définie dans le cas d'un écoulement par orifice dans des conduites.

Des emplacements spécifiques sont définis pour la mesure de pression en amont et en aval du diaphragme. Dans le cas d'un écoulement à travers des ouvertures murales dans des bâtiments, la perte de charge équivalente serait entre la pression totale (dynamique + statique) à l'ouverture au vent et la pression statique pression près du mur à côté de l'ouverture sous le vent. L'énergie de pression sous forme de la pression dynamique dans le jet d'air issu de l'ouverture sous le vent ne contribue pas à la perte de charge entre les ouvertures des murs au vent et sous le vent et est dissipée en aval du bâtiment.

## 2.7 Approche de résistance des circuits d'air :

Une approche de résistance au flux d'air dans les réseaux utilisant des analogies de circuit électrique peut fournir un cadre utile lors du développement de la stratégie pour l'estimation du flux d'air dans les réseaux de flux d'air intérieurs. Pour de telles applications, une saisie de données simple et une exécution rapide et adapté pour fonctionner sur des ordinateurs personnels couramment utilisés. Logiciel de modélisation de fluides plus sophistiqué basé sur les équations de Navier-Stokes peut être utilisé pour des applications de ventilation naturelle pour l'estimation de la température intérieure du confort dans les bâtiments à faible coût.

De grand nombre des flux d'air sont des flux externes dans les couches de terre limites turbulentes ou autour d'objets solides. Les coefficients de décharge qui reflètent l'efficacité de décharge des ouvertures sont couramment utilisés pour estimer le débit d'air à travers les ouvertures [9]. Dans des situations simples, telles que la ventilation transversale où il n'y a qu'un seul vent ouverture et une ouverture sous le vent, cette approche utilisant des coefficients de décharge est satisfaisant. Lorsque des flux d'air plus complexes avec plusieurs ouvertures d'entrée et de sortie et internes les écoulements se produisent à travers un réseau de voies d'écoulement alternées, électriques des analogies de circuit peuvent être utilisées. Analyse de réseaux aérauliques complexes à l'aide d'un ordinateur logiciel basé sur des analogies de circuits électriques tels que le premier et le deuxième de Kirchhoff lois et l'équation d'Atkinson est courante dans l'ingénierie de la ventilation des mines

L'équation d'Atkinson  $H_L$  concerne les pertes de charge (pression) (Pa) dans les voies respiratoires proportionnellement au carré du débit,  $Q$  (m<sup>3</sup>/s), à travers les voies respiratoires avec constante de proportionnalité  $R$  (Ns<sup>2</sup>/m<sup>8</sup>) exprimant la résistance des voies respiratoires,:

$$H_L = RQ^2 \quad (\text{Pa}), \quad (2.14)$$

La première loi de Kirchhoff pour les circuits d'air stipule que la quantité d'air sortant d'une jonction doit être égale à la quantité d'air entrant dans la jonction.

La deuxième loi de Kirchhoff stipule que la somme des chutes de pression autour de tout chemin fermé doit être égale à zéro. Les différences de pression ou les pertes de charge sont analogues à la tension, le courant électrique est analogue à la décharge volumétrique et la résistance électrique est analogue à la résistance au flux d'air. Cette approche fournit un cadre utile lors du développement de logiciels informatiques pour calculer le débit d'air à travers des réseaux complexes.

La résistance au flux d'air des ouvertures murales peut être exprimée en termes de leur coefficient de décharge  $C_d$ , la masse volumique de l'air,  $\rho$  (habituellement 1,2 Kg/m<sup>3</sup>), et la surface de l'ouverture,  $A$  (m<sup>2</sup>):

$$R = (\rho/2)/(C_d^2 A^2) \quad (\text{N s}^2/\text{m}^8) \quad (2.15)$$

Le débit d'air volumétrique turbulent  $Q$  à travers une ouverture est

$$Q = (H_L/R)^{0.5} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (2.16)$$

La vitesse moyenne,  $V$  (m/s) à travers une ouverture peut être calculée en divisant le débit volumétrique par la surface de l'ouverture  $A$  (m<sup>2</sup>):

$$V = (H_L/R)^{0.5}/A \quad (\text{m/s}) \quad (2.17)$$

Lorsque le flux d'air intérieur passe par un certain nombre d'ouvertures séquentielles avec des résistances  $R_1, R_2, \dots, R_n$ , la résistance équivalente  $R_{eq}$  pour toutes les ouvertures en série peut être calculée à l'aide de l'équation :

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (\text{N s}^2/\text{m}^8) \quad (2.18)$$

Lorsque le flux d'air intérieur passe à travers un certain nombre d'ouvertures avec des résistances  $R_1, R_2, \dots, R_n$ , en parallèle, la résistance équivalente  $R_{eq}$  pour toutes les ouvertures peut être calculée à l'aide de l'équation :

$$1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n \quad (\text{m}^8/\text{N s}^2) \quad (2.19)$$



## 2.8 Estimation de la perte de charge due aux distributions de pression du vent sur les murs extérieurs:

La pression totale à une ouverture de mur au vent est difficile à définir car le débit n'est pas contenu comme c'est le cas dans le débit de conduite pour lequel des coefficients de décharge ont été développés. La pression statique sur le mur sous le vent des bâtiments pose moins de problèmes. Pour des raisons pratiques, les estimations de perte de charge pour la ventilation naturelle sont généralement basées sur distributions de pression mesurées sur des modèles de construction solides isolés dans la couche limite souffleries. Il existe également des données sur les coefficients moyens de pression du vent des murs de haute et des bâtiments rectangulaires de faible hauteur. Le terme isolé indique que le modèle sur lequel les pressions du vent sur les surfaces sont mesurées n'a pas d'autres modèles de bâtiment à proximité, c'est-à-dire à environ six hauteurs de bâtiment. Coefficients de pression sur les surfaces des modèles solides isolés près de l'emplacement des ouvertures proposées dans les murs d'entrée et de sortie sont utilisés pour estimer la charge perte [10]:

$$H_L = 0.5 \rho V^2 (C_{p_i} - C_{p_o}) \quad (\text{Pa}) \quad (2.20)$$

où  $H_L$  est l'estimation de la perte de charge entre les ouvertures de ventilation d'entrée et de sortie (Pa),  $\rho$  la masse volumique de l'air (1,2 Kg/m<sup>3</sup>),  $V$  la vitesse moyenne du vent d'approche à hauteur de référence associée aux coefficients de pression,  $C_{p_i}$  le coefficient de pression du vent sur le mur d'un modèle solide près de l'emplacement de l'ouverture d'entrée,  $C_{p_o}$  coefficient de la pression du vent sur le mur d'un modèle solide près de l'emplacement de l'ouverture de sortie. La chaleur à l'ouverture d'entrée  $H_i$ , et à l'ouverture de sortie  $H_o$ , sont:

- Entrée à l'ouverture

$$H_i = 0.5 \rho V^2 C_{p_i} \quad (\text{Pa}) \quad (2.21)$$

- Sortie à l'ouverture

$$H_o = 0.5 \rho V^2 C_{p_o} \quad (\text{Pa}) \quad (2.22)$$

## 2.9 L'efficacité de la ventilation naturelle:

Elle est déterminée principalement par le débit de ventilation mais aussi par les mouvements des courants d'air. Le débit de ventilation est déterminé par les différences de températures entre l'intérieur et l'extérieur, par le vent et par la dimension des ouvertures. Pour les mouvements de l'air, ce sont la forme, l'emplacement et le nombre d'ouvertures qui sont déterminants. Dans le cas d'une ventilation unilatérale, ce sont les différences de température entre l'intérieur et l'extérieur, ainsi que la hauteur de l'ouverture qui jouent un rôle important.

## 2.10 Forces motrices :

La ventilation naturelle est entraînée par la différence de pression entre les deux ouvertures d'un parcours aéraulique. Les forces motrices naturelles sont la pression du vent ou la flottabilité induite par la différence de densité de l'air, ou une combinaison des deux. La pression du vent selon l'équation de Bernoulli - la pression totale est constante le long d'une ligne de courant - la pression totale se transforme en pression statique et en pression dynamique lorsque le vent frappe les bâtiments. La pression (dynamique) du vent dépend de la vitesse et de l'incidence du vent, de la forme du bâtiment et de l'environnement. D'une manière générale, le vent exerce une pression sur la surface au vent et une aspiration sur la surface et le toit sous le vent; est la pression du vent sur la surface du bâtiment ;  $C_p$  est le coefficient de pression du vent ;  $\rho$  est la densité de l'air ( $\text{kg/m}^3$ ); et  $V_{\text{ref}}$  est la vitesse du vent de référence (m/s), Les coefficients de pression du vent sont des paramètres sans dimension utilisés pour décrire la pression dans le domaine fluide. En effet, la pression, les forces et les moments dans l'écoulement à des nombres de Reynolds modérés à élevés varient peu avec le changement de vitesse pour un corps donné. Les coefficients de pression du vent sont presque indépendants de la vitesse du vent pour un bâtiment avec des angles vifs car les points de séparation des flux se situent normalement sur les arêtes vives [11]. Cependant, ils dépendent de la direction du vent par rapport au bâtiment, de la géométrie du bâtiment, de la taille de l'ouverture et de la proximité des bâtiments voisins.

Le vent est la seule charge climatique agissant sur toute forme de structure dans tous les pays au monde, contrairement à la neige. Son ampleur varie selon sa localisation géographique. C'est l'une des raisons principales qui justifient aujourd'hui dans les normes, le découpage régional (zone de vent) et la considération de l'altitude, ainsi que la variation des pressions dynamiques en fonction de la hauteur au-dessus du sol pour un site "normal", sans effet de masque

La Courbe des coefficients de pression intérieure applicables pour des ouvertures uniformément réparties et valeurs recommandées des coefficients de pression extérieure pour les murs verticaux des bâtiments à plan rectangulaire donnée par référence [12].

Le vent est la seule charge climatique agissant sur toute forme de structure dans tous les pays au monde, contrairement à la neige. Son ampleur varie selon sa localisation géographique. C'est l'une des raisons principales qui justifient aujourd'hui dans les normes, le découpage régional (zone de vent) et la considération de l'altitude, ainsi que la variation des pressions dynamiques en fonction de la hauteur au-dessus du sol pour un site "normal", sans effet de masque.

L'effet du vent enveloppe la structure en provoquant des efforts sur les parois et pénètre parfois le bâtiment en présence d'ouvertures. À cause des formes architecturales complexes des bâtiments et surtout des exigences des normes spécifiques au vent, la détermination des charges de vent est de nos jours l'un des défis majeurs à relever par l'ingénieur ou le calculateur en phase d'études.

## **2.11 Coefficients de pression**

Chaque paroi d'un bâtiment est exposée sur ces deux faces au vent (face extérieure et face intérieure). La pression exercée par le vent sur le bâtiment est soit atténuée ou amplifiée en fonction de l'étendue de la surface recevant le vent, des ouvertures et de son impact sur les faces (surpression ou dépression). Pour tout ouvrage, il est recommandé de déterminer les deux effets : pression extérieure ou pression intérieure.

Beaucoup de bâtiments étant généralement considérés comme fermés, l'effet de la pression intérieure du vent est parfois négligeable.

### **2.11.1 Coefficient de pression intérieure – $C_{pi}$**

Le coefficient de pression intérieure  $c_{pi}$ , dépend de la dimension et de la répartition des ouvertures dans l'enveloppe du bâtiment. Comme ouvertures, il s'agit ici des ouvertures permanentes (vides, conduit de cheminée, etc).

Lorsque sur au moins deux faces du bâtiment (façades ou toiture), l'aire totale des ouvertures existant sur chacune des faces représente 30 % de l'aire de cette face, il est recommandé d'utiliser les règles définies en 7.3 et 7.4 (toitures isolées).

La détermination du coefficient de pression intérieure appelé aussi coefficient de décharge s'effectue suivant des étapes bien définies Tableau 2.2, Graphe 2.1 et Tableau 2.3; on peut utiliser le logiciel sur la Figure 2.1.

Tableau 2.2: Détermination du pourcentage des aires d'ouverture de chaque face

	Aire de la face	Aire des ouvertures	Pourcentage
Long pan 0°	80 m <sup>2</sup>	24,00 m <sup>2</sup>	30 %
Long pan 180°	80 m <sup>2</sup>	18,00 m <sup>2</sup>	23 %
Pignon-90°	47,5 m <sup>2</sup>	9,00 m <sup>2</sup>	19 %
Pignon+90°	47,5 m <sup>2</sup>	3,75 m <sup>2</sup>	7,9 %
Versant 0°	104,4 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup>	0 %
Versant 180°	104,4 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup>	0 %

En examinant les aires des ouvertures, aucune face ne présente plus de 30% d'aire d'ouverture  
Donc nous sommes en présence d'un bâtiment sans face dominante

Tableau 2.3: Détermination du coefficient de décharge suivant la zone:

**0,55**

Zone	A		B		C		D		E	
$h/d$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
≤ 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Graphe 2.1: Choix du coefficient de décharge  $c_{pi}$

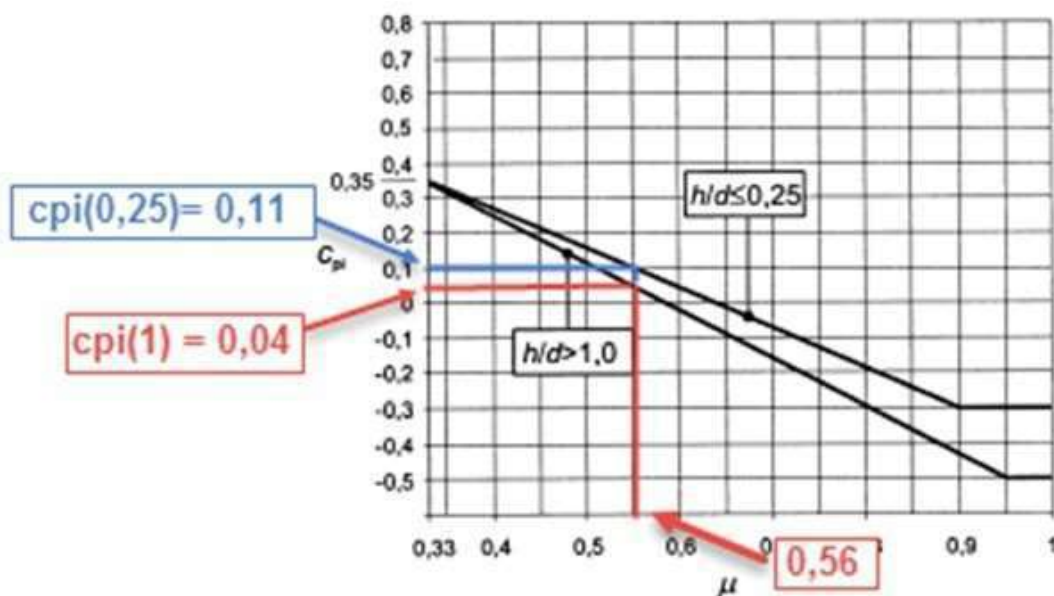


Figure 4: Logiciel de calcul du coefficient de décharge cpi

Générer des charges de vent - Toiture à deux versants/à noue

Pression dynamique

Selon la norme : EN 1991-1-4

Annexe nationale : NF

Zone de vent : 3

Catégorie de terrain : Catégorie II

Hauteur de la structure h : 10.000 [m]

Vitesse de référence du vent v<sub>b,0</sub> : 26.00 [m/s]

Géométrie de la toiture

Nœud n°

A : [ ] D : [ ]

B : [ ] E : [ ]

C : [ ] F : [ ]

Paramètres de la toiture à deux versants

Inclinaison de la toiture terrasse

α<sub>1</sub> : [ ] [°]

α<sub>2</sub> : [ ] [°]

Direction de vent

θ : [ ] [°]

Cas de charge à générer

CC w+ : CC3

CC w- : CC4

CC w+/- : CC6

CC w+/- : [ ]

Définir le vent sur le côté

A - B

B - C - D

D - E

E - F - A

Pression interne

Activer la pression interne

Considérer seulement charges augmentant

C<sub>pi</sub> : 0.082 [-]

Créer le type de charge

Charges de barre

Charges de surface

Type de distribution de charge

Axes des angles

Combinée

Constante

Négliger l'influence sur

Barres individuelles : [ ]

Barres parallèles à la barre : [ ]

## 2.12 Conclusion :

Une approche de résistance au flux d'air dans les réseaux utilisant des analogies de circuit électrique peut fournir une méthodologie de simplification utile lors du développement de stratégie de ventilation naturelle dans les réseaux de flux d'air intérieurs complexes.

Basée sur l'estimation du coefficient de décharge intérieure et sur l'influence de blindage des bâtiments voisin.

# **Chapitre 03**

## **(Application numérique)**

### 3 Introduction:

#### 3.1 Réalisation d'une modélisation zonale

Une modélisation zonale peut être réalisée en négligeant les termes de viscosité dans les équations de Navier-Stokes. Il est attendu que la résolution du système d'équations résultant, appelé équations d'Euler, permettra une représentation adéquate des hétérogénéités de vitesse et de température dans les enceintes de bâtiment tout en exigeant moins de ressources informatiques que les modèles Navier-Stokes [6].

les modèles zonaux demeurent un bon compromis entre les modèles de simulation énergétique et les modèles basés sur les équations de Navier-Stokes.

Plusieurs études récentes ont été élaborées pour les simulations des mouvements thermo aérauliques au sein des bâtiments que Guernouti [14] a développé une méthode d'analyse du comportement thermo-aéraulique des bâtiments pour la construction de modèles zonaux adaptatifs

Dans notre projet, en considérait deux modèles mono zones à Ouargla (zone aride), (figures 2.1 et 2.2) on considère:

- Un local mono zone unique en zone aride à Ouargla sans façade dominante;
- Une ventilation naturelle traversante et à court circuit;
- Un degré hygrométrique faible de telle façon que la viscosité de l'air peut ne pas avoir d'effet sur l'écoulement de l'air;
- Un écoulement unidimensionnel

Dimension du local (proto type):

##### 3.1.1 Modèle 1:

Dimension du local (proto type):

- Dimensions géométrique:

x= 4 m

y= 6 m

z= 3.50 m

- Une ouverture haute de 0.4m x 1 m, à 3m du plancher, orientée vers l'est
- Une ouverture basse de 0.4m x 1 m, à 0.40 m du plancher, orientée vers l'ouest;
- Porte étanche fermée orientée vers le sud;

- Caractéristique thermo physique

- Enveloppe en mur de brique de 20 cm :La conductivité thermique de brick est de 1,31 W/(m·K), densité= 1700kg/mm<sup>3</sup>, capacité thermique = 800 J/g.K;

et un plancher de 0.25 m et la toiture de 0.15 m tous en béton armé:  $\rho_{\text{béton}} \leq 1600 \text{ kg/mm}^3$ , de conductivité thermique  $\lambda=1.07\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ,

- Masse volumique de l'air= $1.12 \text{ kg/mm}^3$

Les vitesses de vent et les températures extérieures sont données dans les graphes 1 à 4.

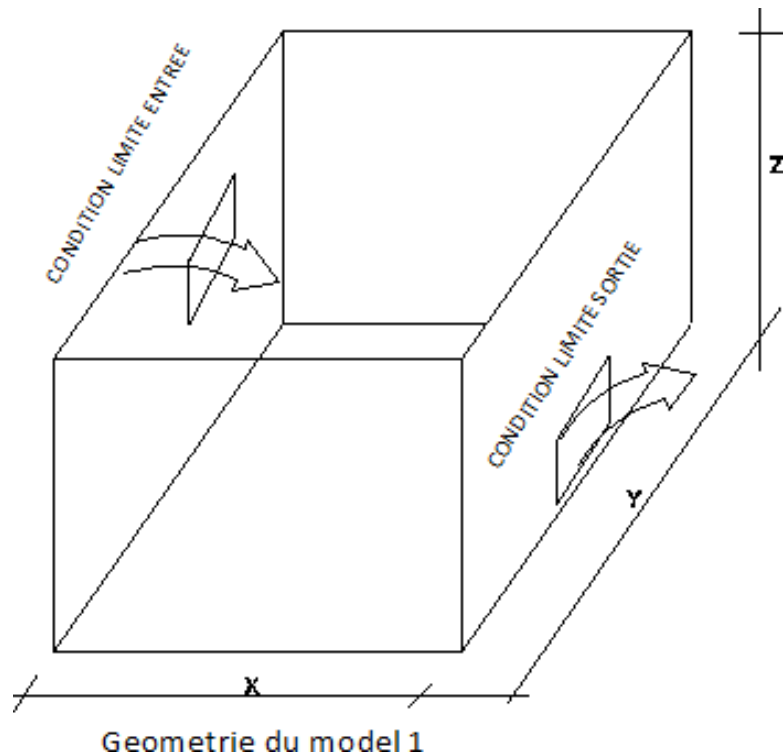


Figure 5: Ventilation naturelle traversante

### 3.1.2 Modèle 2:

Dimension du local 2 (proto type):

▪ Dimensions géométrique:

x= 4 m

y= 6 m

z= 3.50 m

- Une ouverture de 0.4m x 1 m;
- Une ouverture haute de 0.4m x 1 m, à 3m du plancher, orientée vers l'est
- Une ouverture haute de 0.4m x 1 m, à 3m du plancher, orientée vers l'ouest;
- Porte fermé étanche avec grille d'aération standard orientée vers le sud pour créer des forces de flottabilité de l'air.



- Caractéristique thermo physique:

- Enveloppe en mur de brique de 20 cm : de brick est de de conductivité thermique  $\lambda = 1,31W/(m \cdot K)$ , densité  $\rho = 1700kg/mm^3$  , capacité thermique = 800 J/g.K

Et un plancher de 0.25 m et la toiture de 0.15 m tous en béton armé:  $\rho \leq 1600 kg/mm^3$ , de conductivité thermique  $\lambda = 1.07W/(m \cdot K)$ ,

- Masse volumique de l'air  $\rho = 1.12 kg/mm^3$

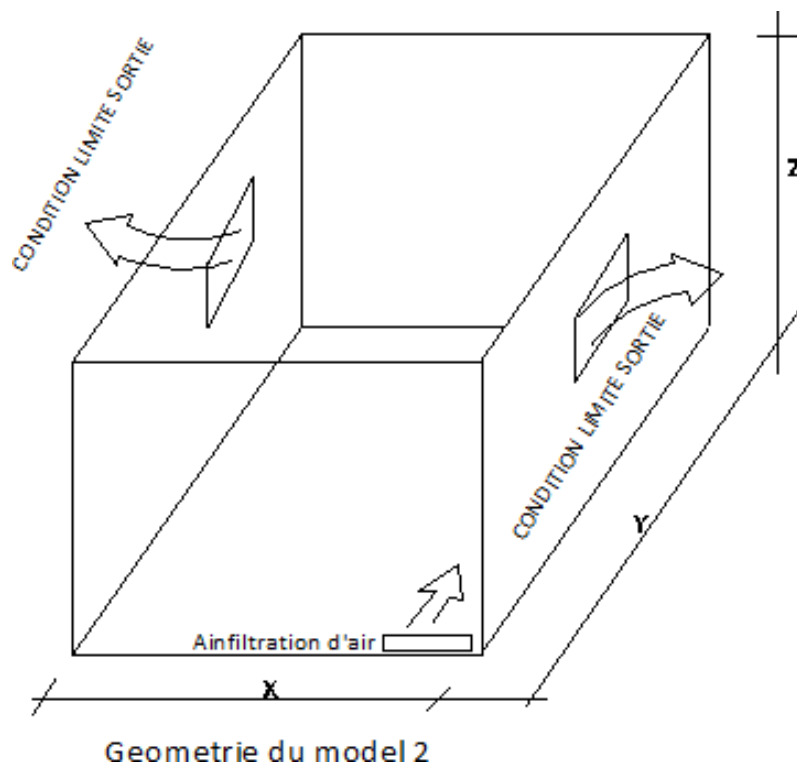


Figure 6: Ventilation à circuit court

Une simulation numérique les deux modèles considèrent une méthode simple développée par une procédure de calcul en Fortran 77, par la méthode de résistance décrite dans le chapitre 2.

En choisissant un calcul de température intérieures du local pour deux mois ( Janvier et Avril)

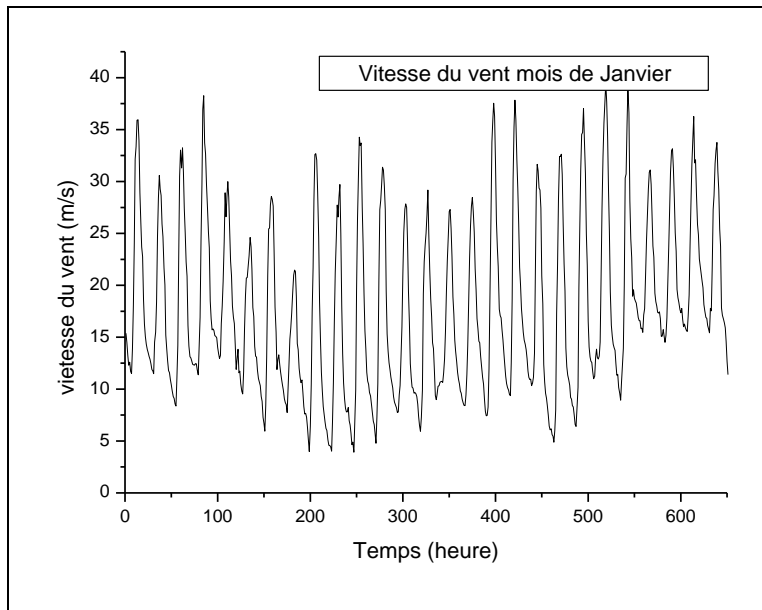
Le mois de Janvier est parmi la période la plus froide en hiver, et le mois d'Avril est le mois ou en peut couramment utilisé une ventilation naturelle.

I demeure difficile d'englober toute les configurations de constructions résidentielles.

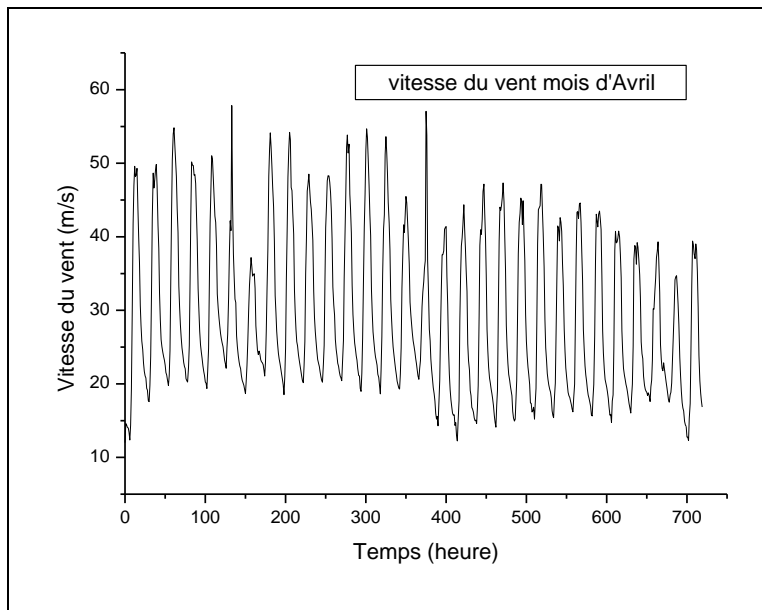
### 3.2 Donnée climatique de la zone d'Ouargla:

Donnée climatique de la zone de Ouargla températures extérieurs et vitesse du vent pour un mois froid (mois de Janvier) et un régulier (mois d'Avril), sont représentées par les graphes 1 à 4:

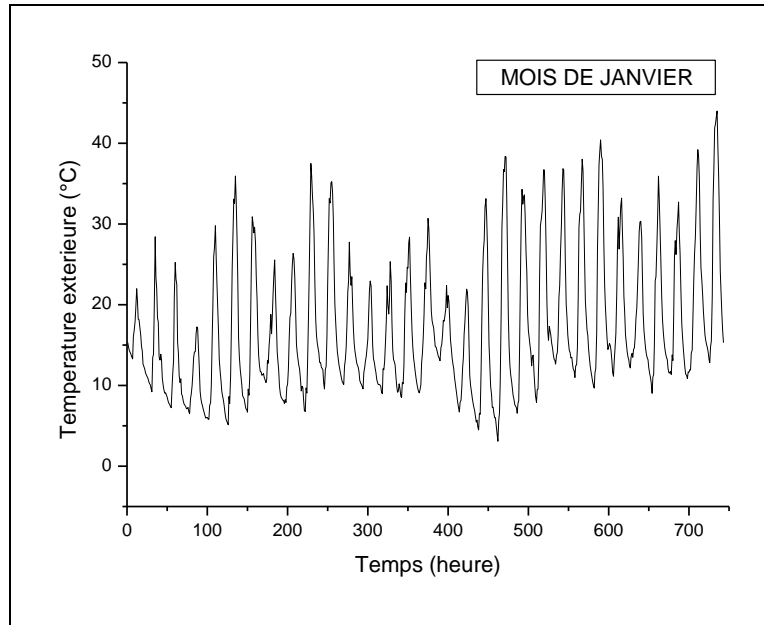
**Graphe 1: Vitesse du vent en mois de Janvier**



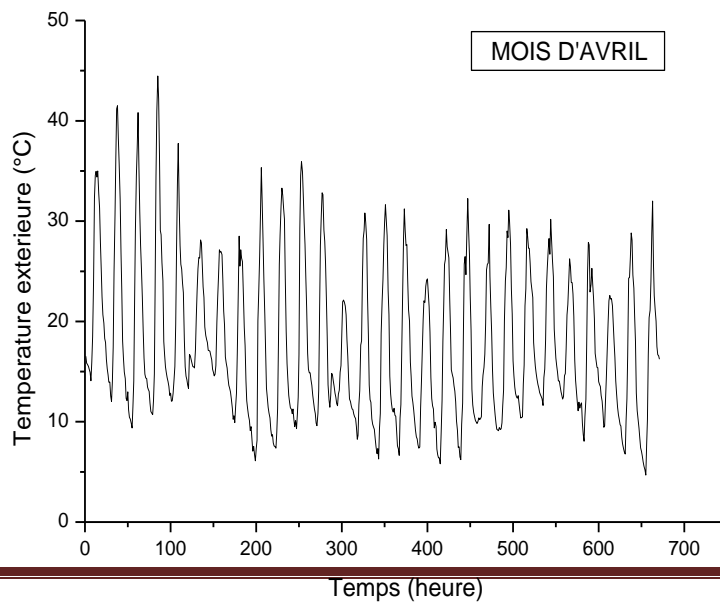
**Graphe 2: Vitesse du vent en mois d'Avril**



**Graphe 3:** Température extérieure en mois de Janvier



**Graphe 4:** Température extérieure en mois d'Avril



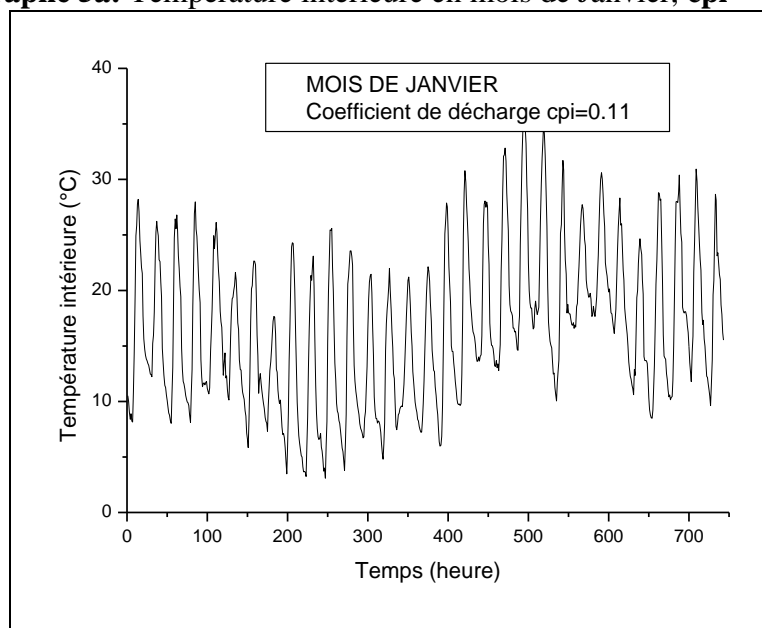
### 3.3 Résultats et discussions:

#### 3.3.1 Modèle 1:

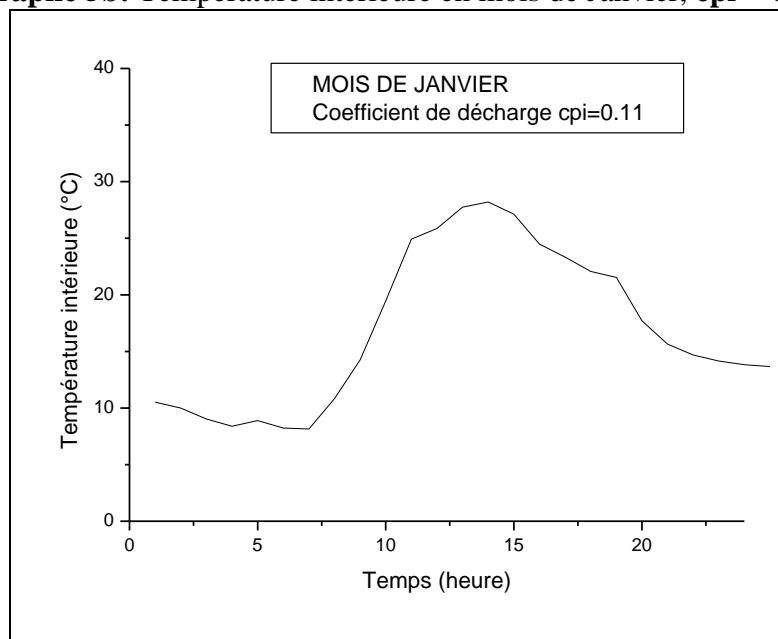
Pour une valeur de  $cpi=0.11$ , en mois de Janvier l'amplitude moyenne de la température intérieure est de  $15^{\circ}\text{C}$ , tandis que en mois d'Avril est de  $25^{\circ}\text{C}$  voir graphes 5a et 6a; et pendant 24 heures, la sortie d'une température ambiante intérieure moyenne de  $15^{\circ}\text{C}$  en Janvier et de  $16^{\circ}\text{C}$  voir graphe 5b et 6b.

Pour une valeur de  $cpi=0.04$ , il résulte une réduction d'amplitude remarquable de  $10^{\circ}\text{C}$ , en mois de Janvier l'amplitude moyenne est de  $15^{\circ}$  graphe 8a et en mois d'Avril est de  $13^{\circ}\text{C}$ , graphes 7a et 8a. et pendant 24 heures, la sortie d'une température ambiante intérieure moyenne de  $25^{\circ}\text{C}$  en Janvier et de  $16^{\circ}\text{C}$  voir graphe 7b et 8b.

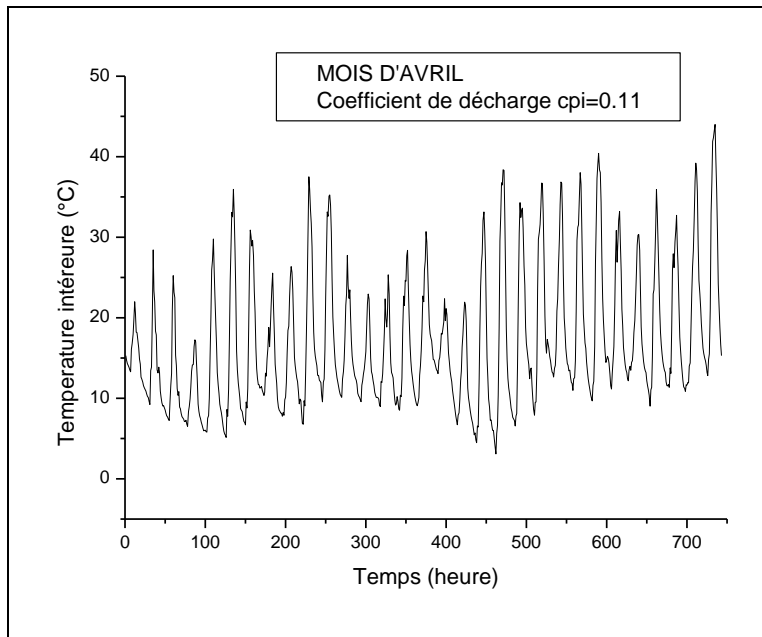
**Graphe 5a:** Température intérieure en mois de Janvier,  $cpi = 0.11$



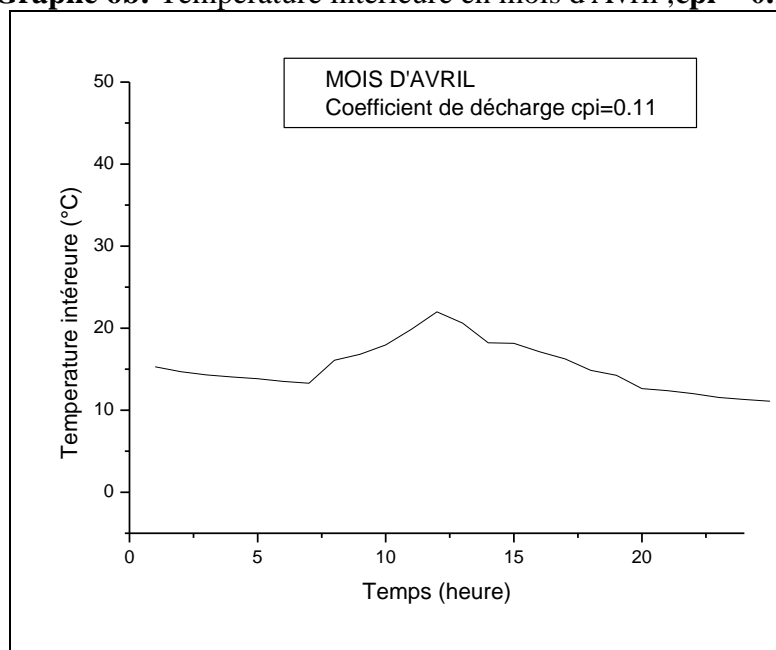
**Grphe 5b:** Température intérieure en mois de Janvier,  $cpi = 0.11$



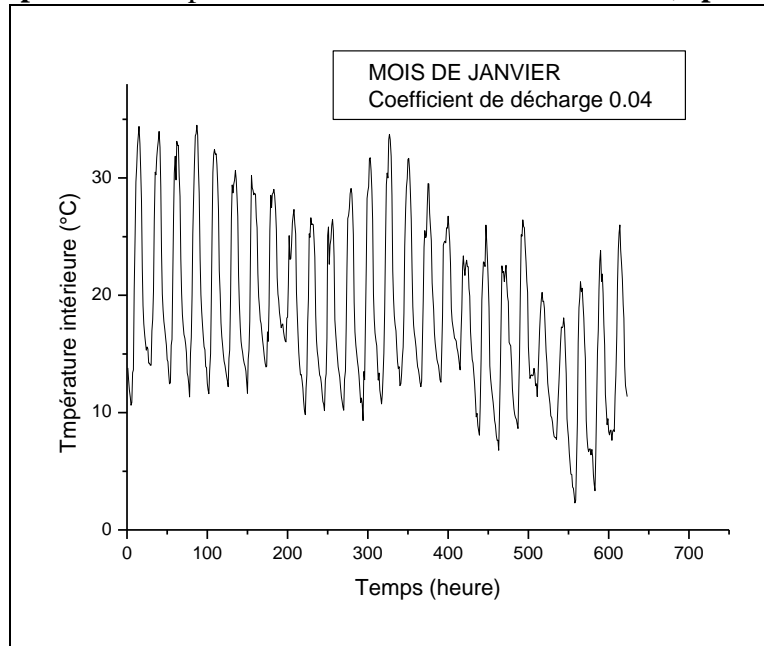
**Grphe 6a:** Température intérieure en mois d'Avril ,  $cpi = 0.11$



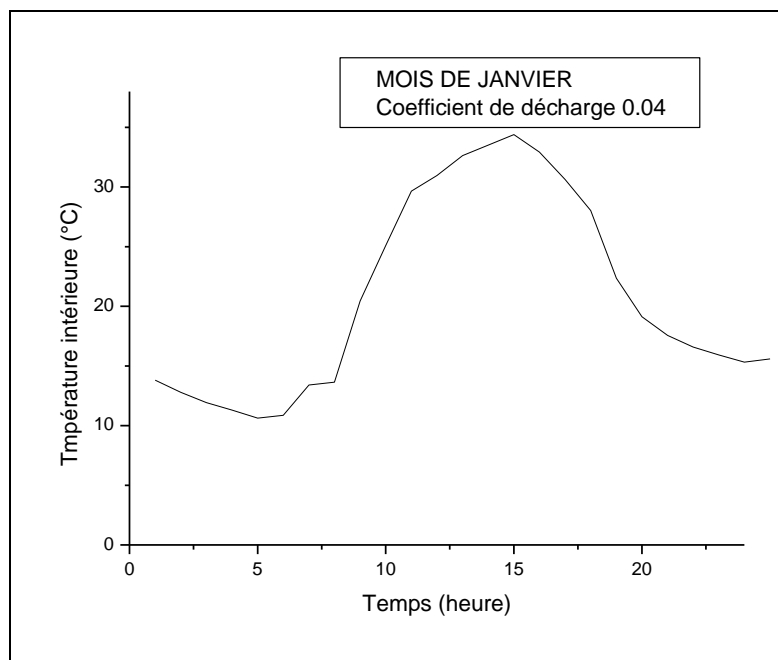
**Graphe 6b:** Température intérieure en mois d'Avril ,cpi = 0.11



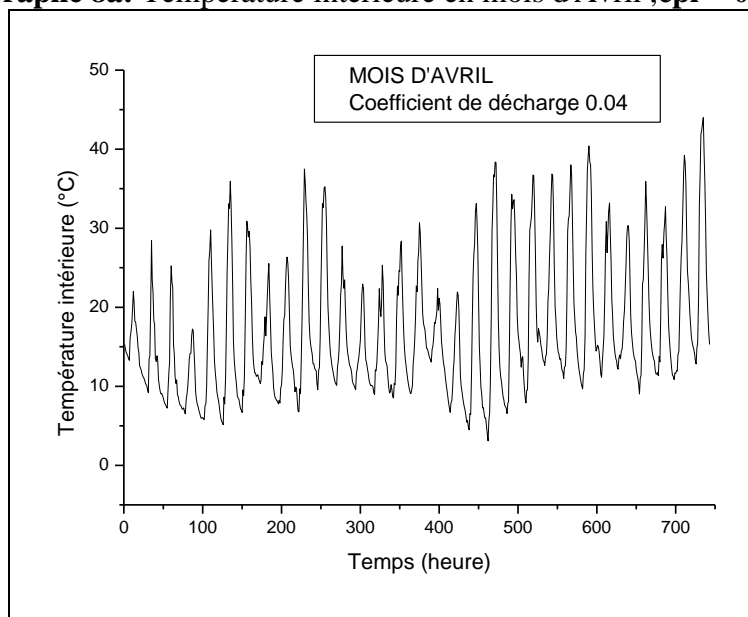
**Graphe 7a:** Température intérieure en mois de Janvier,  $c_{pi} = 0.04$



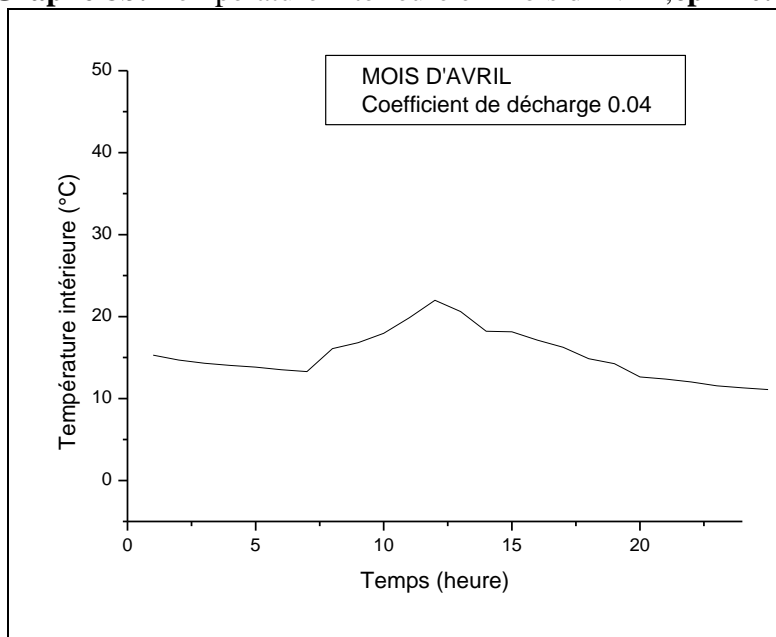
**Graphe 7b:** Température intérieure en mois de Janvier,  $c_{pi} = 0.04$



**Graphe 8a:** Température intérieure en mois d'Avril , $c_{pi} = 0.04$



**Graphe 8b:** Température intérieure en mois d'Avril , $c_{pi} = 0.04$



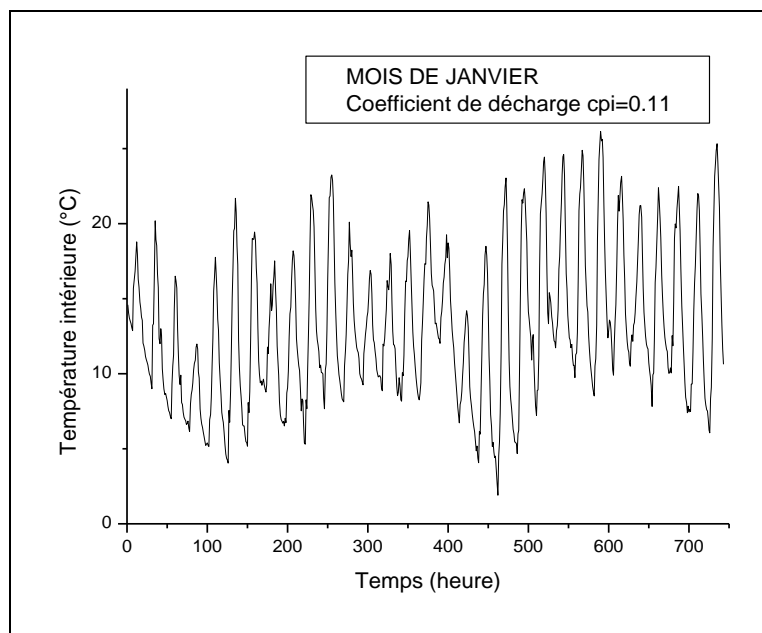


### 3.3.2 Modèle 2:

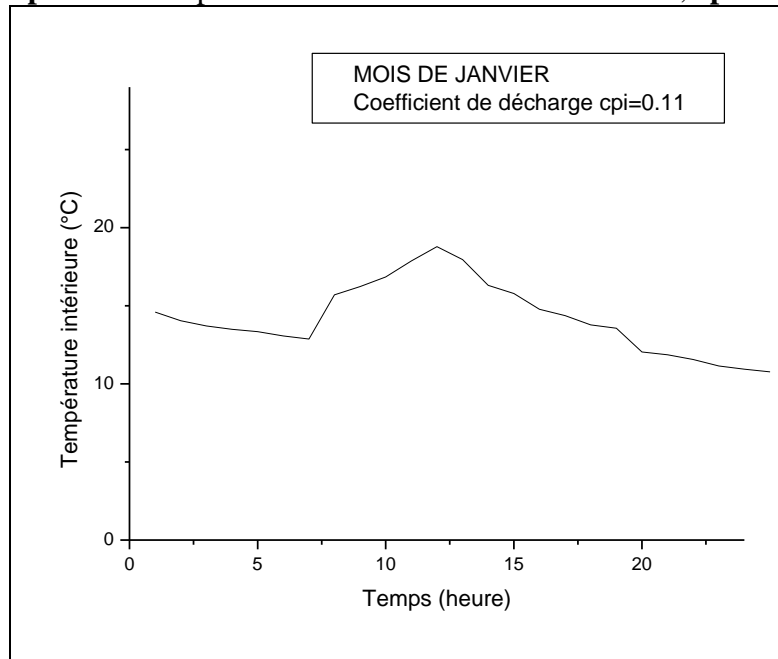
En mois de Janvier et pour une valeur de  $cpi=0.11$ , l'amplitude moyenne de la température intérieure est de  $6^{\circ}\text{C}$ , tandis que en mois d'Avril est de  $12^{\circ}\text{C}$  voire graphes 9a et 10a, et pendant 24 heures, la sortie de la température ambiante intérieure moyenne de  $15^{\circ}\text{C}$  voire graphe 9b et la sortie de la température ambiante intérieure moyenne de  $25^{\circ}\text{C}$  voire 10b.

Pour une valeur de  $cpi=0.04$ , il résulte une réduction d'amplitude remarquable de  $10^{\circ}\text{C}$ , en mois de Janvier l'amplitude moyenne est de  $21^{\circ}\text{C}$  graphe 11a, et en mois d'Avril est de  $17^{\circ}\text{C}$ , graphes 12a. et pendant 24 heures, la sortie d'une température ambiante intérieure moyenne de  $25^{\circ}\text{C}$  en Janvier et de  $16^{\circ}\text{C}$  voire graphe 11b et 12b.

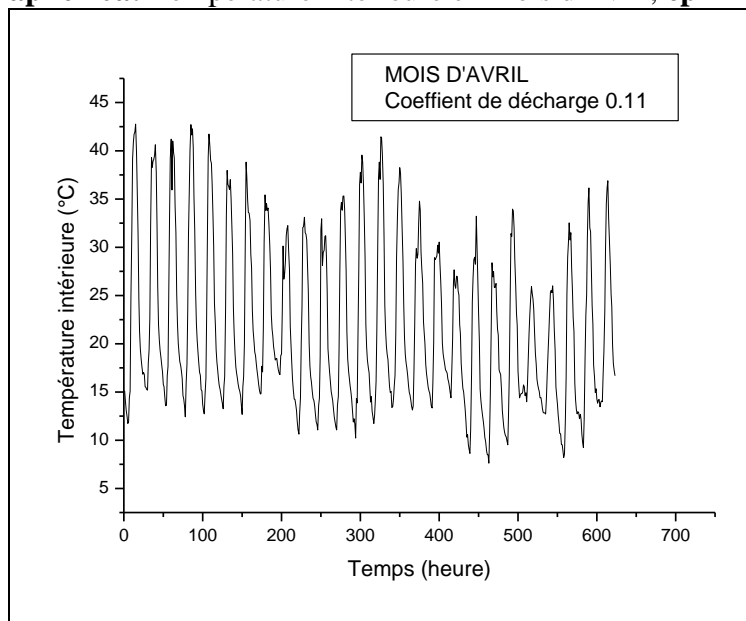
**Graphe 9a:** Température intérieure en mois de Janvier,  $cpi = 0.11$



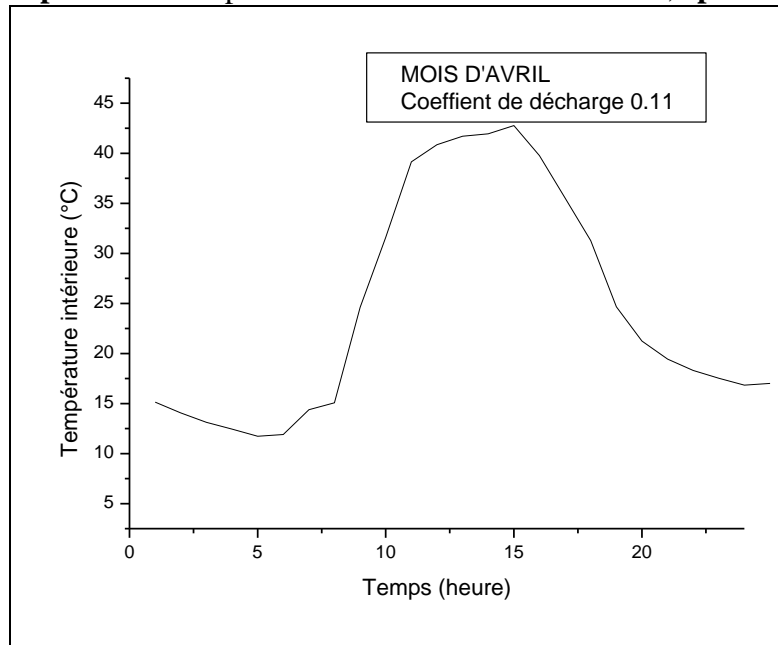
**Graphe 9b: Température intérieure en mois de Janvier, cpi = 0.11**



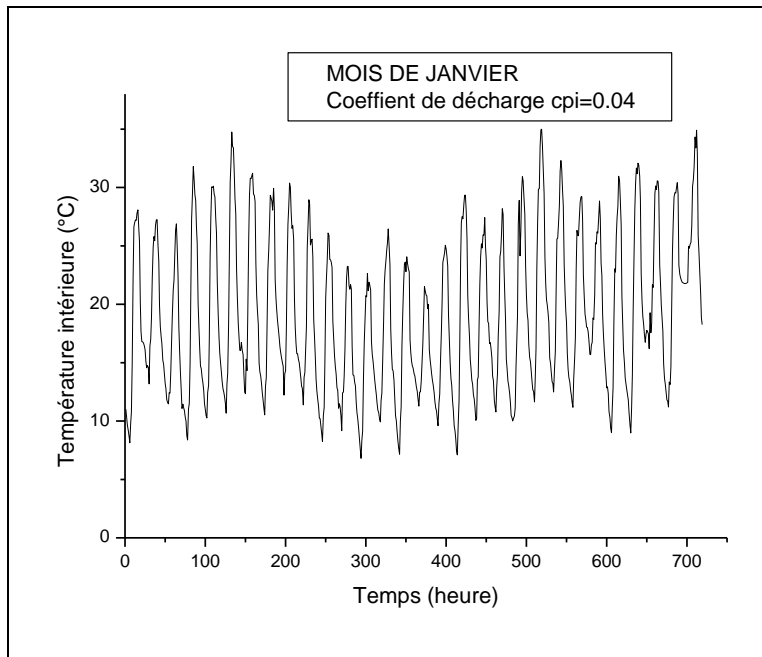
**Graphe 10a: Température intérieure en mois d'Avril, cpi = 0.11**



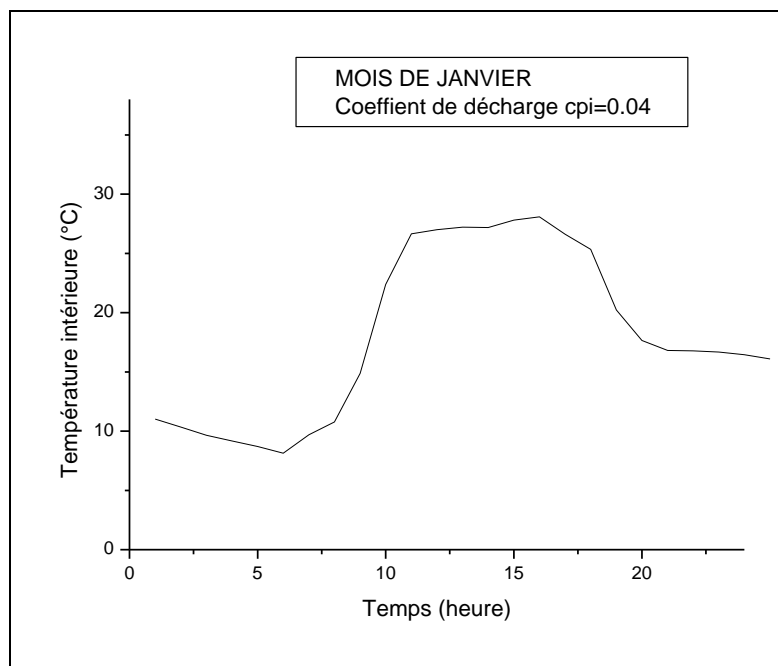
**Graphe 10b:** Température intérieure en mois d'Avril,  $c_{pi} = 0.11$



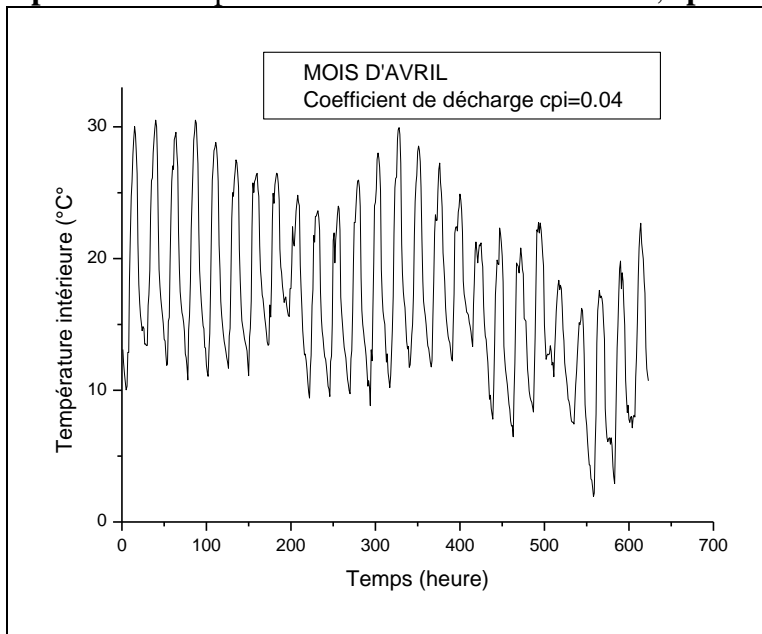
**Graphe 11a:** Température intérieure en mois de Janvier,  $c_{pi} = 0.04$



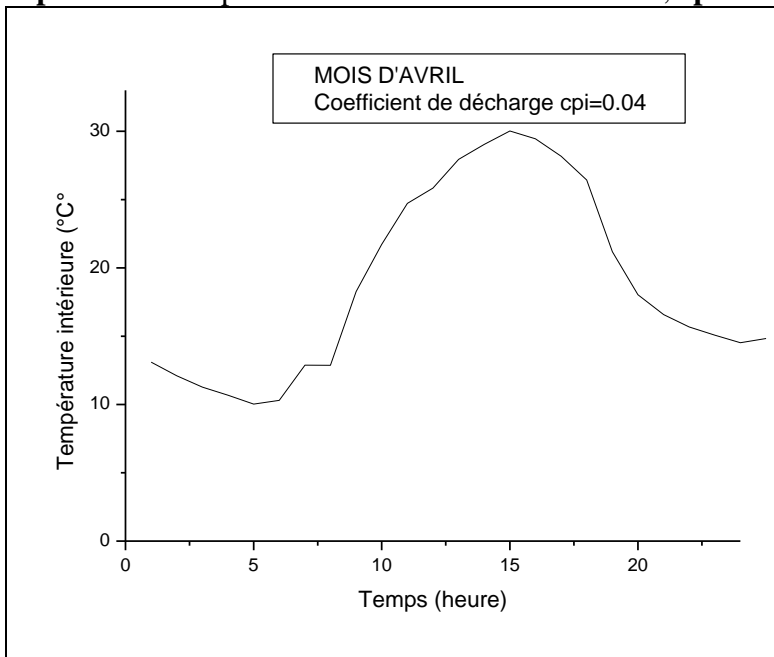
**Grphe 11b:** Température intérieure en mois de Janvier,  $cpi = 0.04$



**Graphe 12a: Température intérieure en mois d'Avril, cpi = 0.04**



**Graphe 12b: Température intérieure en mois d'Avril, cpi = 0.04**



### **3.4 Conclusion:**

On trouve que le modèle 2 peut assurer une ventilation naturelle adéquate en mois de janvier et le mois d'Avril que le modèle 1 pour les valeurs de sortie de la température intérieure moyenne, pour une valeur de  $c_{pi} = 0.04$ , ce qui confirme l'importance des grilles de ventilation par les portes en augmentant l'efficacité du mouvement de l'air dans la zone par création des forces de flottabilité.

Cependant, l'apport solaire qui est un gisement important en mois de d'Avril à Ouargla, qui créera une grande différence des températures intérieures donc augmentation de vitesse de l'air dans l'ambiance intérieure donc une amélioration de la ventilation. Il demeure difficile d'englober toutes les configurations de constructions résidentielles.

# CONCLUSION

## **Conclusion:**

Un développement de stratégie de ventilation naturelle a été élaborées en vers un model simple de prédiction de la température intérieur d'une zone résidentielle unique qui est basés sur la méthode de résistance de deux modèles différents pour une ventilation naturelle traversant et à court circuit par données climatique local et son établies d'après les caractéristiques physico thermique des éléments de constructions. Une simulation de deux mois, Janvier et Avril avec des coefficients de décharge de l'air 0.11 et 0.04, a montré que le modèle 2 peut assurer une ventilation naturelle adéquate et efficace en mois de janvier et le moi d'Avril que le modèle 1 pour les valeurs de sortie de la température intérieur, ce qui ont amené à confirmer le degré du potentiel deux modèles en terme de ventilation naturelle globale dans une zone aride. Cette méthode est prometteuses est en perspective peut être attribuées à d'autre type de configurations de construction mono zonale ou multi zonale;



## **Bibliographie:**

- [1]. <https://www.qualitel.org/particuliers/equipements-et-materiaux-maison/ventilation/ventilation-naturelle/> 08/01/2022
- [2] GUIDE AITF/EDF. Bâtiments basse consommation 2010
- [3] GENATIS : le guide du ventilation naturelle 25/10/2021
- [4] G. Cao, H.Awbi, R.Yao, Y.Fan, K.Sirén, R.Kosonen , J. (Jensen) Zhang "A review of the performance of different ventilation and airflow distribution systems in buildings" *Building and Environment* 73 (2014) 171e186
- [5] F.Z.Chafi "Développement d'un modèle zonale pour la simulation thermo-aéraulique des bâtiments multizones" Thèse, Ecole de technologie supérieure, Montréal, Mars 2010.
- [6] Griffith, B, et Q. Chen.. « A Momentum Zonal Model for predicting zone airflow and temperature distributions to enhance building load and energy simulations ». *HVAC&RESEARCH*, 2003,vol. 9, p. 305-325.
- [7] M. Woloszyn. " Modélisation Hygro-thermo-aéraulique des bâtiments multizones, Proposition d'une stratégie de Résolution du système couple ". Thèse de Doctorat, Lyon, France, Laboratoire CETHIL, INSA 1999, p 236.
- [8] R. M. Aynsley." A resistance approach to analysis of natural ventilation airflow networks, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 67&68 (1997) 711 719
- [9] E.H. Mathews, P.G. Rousseau, "A new integrated design tool for naturally ventilated buildings part 1 : Ventilation model", *Building Environ.* 29 (4) (1994) 461-471.
- [10] B.E. Lee, M. Hussain, B. Soliman, " Predicting natural ventilation forces upon low-rise buildings", *ASHRAE J.* (1980) 35-39.
- [11] H. B. Awbi," *Ventilation of Buildings*", Taylor & Francis, 2003
- [12] <https://www.dlubal.com/fr>, Logiciels de calcul de structure, Dlubal 12/02/2004
- [13] S. Guernouti. « Méthode d'analyse du comportement thermo-aéraulique des bâtiments pour la construction de modèles zonaux adaptatifs ». Thèse de doctorat, 2008, École polytechnique de l'université de Nantes France, p 157.

## Résumé

Par le manque de simplification dans des logiciels existants concernant la ventilation naturelle et ces études sous un climat aride; l'objectif de ce projet consiste à apporter des éléments de réponses par des modèles simple pour l'élaboration de stratégies de ventilation naturelle appropriées au milieu résidentielle à Ouargla. Deux constructions proto- type en zone unique sans obstacles à proximité, sont adoptées par un modèles chacune qui sont basés sur la méthode des résistances électrique représentant une analogie thermo-aéraulique de l'écoulement de d'air d'une ventilation naturelle unidirectionnelle traversant, et une à court circuit; introduisant de coefficients de décharges de pression intérieur de 0.04 et 0.11 qui est défis majeurs à relever. L'analyse de résultats obtenus par simulation, conçois pour une meilleure approche envers une ventilation énergétiquement efficace sous le climat considéré. Cependant il demeure difficile d'englober toute les configurations de constructions résidentielles.

## Abstract

By the lack of simplification in existing software concerning natural ventilation and there studies in an arid climate; therefore, the objective of this project is to provide answers through simple models for the development of appropriate natural ventilation strategies to the residential environment in Ouargla. Two single zone prototype constructions in a residential without nearby obstacles, are adopted by one model each which is based on the electrical resistance method representing a thermo-aeraulic analogy of unidirectional air flow of an natural crossing ventilation, and one shorted; introducing internal pressure relief coefficients of 0.04 and 0.11 which are major challenges to overcome. The analysis of results obtained by simulation, design for a better approach towards an energy efficient ventilation under the considered climate. However, it remains difficult to encompass all the configurations of residential constructions.

## الملخص

بسبب عدم وجود تبسيط في البرامج الموجودة المتعلقة بالتهوية الطبيعية قلة دراساتها في مناخ جاف ؛ الهدف من هذا المشروع هو تقديم إجابات من خلال نماذج بسيطة لتطوير استراتيجيات التهوية الطبيعية المناسبة للبيئة السكنية في ورقلة. تم اعتماد بناء نموذجين في منطقة واحدة بدون عوائق قريبة، من خلال نموذج واحد يعتمد كل منهما على طريقة المقاومة الكهربائية التي تمثل تشابهاً حرارياً هوائياً لتدفق الهواء لعبور تهوية طبيعية أحادي الاتجاه، وواحد قصير؛ بإدخال معاملات تخفيف الضغط الداخلية 0.04 و 0.11 والتي تعد من التحديات الرئيسية التي يجب التغلب عليها. تحليل النتائج التي تم الحصول عليها عن طريق المحاكاة والتصميم من أجل نهج أفضل نحو تهوية موفرة للطاقة في ظل المناخ المدروس. ومع ذلك ، لا يزال من الصعب شمول جميع تكوينات المباني السكنية.