

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE

MEMOIRE

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER

FILIÈRE : GÉNIE MÉCANIQUE

SPÉCIALITÉ : INSTALLATION ÉNERGÉTIQUE ET TURBOMACHINES

PAR :

BOUHEDDA RACHAD ANISSE
OUAMRI MOHAMED KHALIL

Thème

ÉTUDE NUMÉRIQUE D'UNE CHEMINÉE
SOLAIRE

Soutenu le2019 devant le jury composé de:

Mr. ALI AGHA

Président

Mr. ADJOUADI

Rapporteur

Mr. YOUNES

Examineur

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2018-2019

Dédicaces

A

Ma famille : mes parents, mes sœurs;

A

Mes ami(e)s et Mes camarades ;

Aux Etudiants et enseignants département Génie

Mécanique ;

Et à Toutes et à tous à qui je dédie ce modeste travail.

Remerciements :

Nous tenons à exprimer notre gratitude et remerciement en ALLAH qui nous a donné la force et le pouvoir pour effectuer ce modeste travail.

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre mémoire et qui nous ont aidés lors de la rédaction.

Nous voudrions dans un premier temps remercier, notre directeur de mémoire Mlle. ADJOUADI N. docteur à l'université de Bejaia, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Nous remercions également toute l'équipe pédagogique du département mécanique de l'université de Bejaia et les interventions professionnelles responsables de notre formation, pour avoir assuré la partie théorique de celle-ci

Nous tenons à témoigner toutes nos reconnaissances aux personnes suivantes, pour leur aide dans la réalisation de ce mémoire.
Mlle. Cheffar L. qui nous a beaucoup aidés. Elle a partagé ses connaissances et expériences dans ce milieu, toute en nous accordant sa confiance et une large indépendance dans l'exécution de missions valorisantes.

Mes remerciements vont également à mes collègues de génie mécanique, à mes collègues de la faculté.

Enfin je remercie mes amies: pour leur soutien moral et leur aide, ainsi que tous ce qui m'ont soutenu et aidé tout au long de cette étude.

Sommaire :

Remerciements	
Dédicaces	
Sommaire	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Nomenclature	
Introduction générale	(01)

Chapitre I : Généralités sur l'énergie solaire et le transfert thermique

I.1 Introduction.....	(03)
I.2 Energie renouvelable.....	(03)
I.3 Consommation mondiale de l'énergie et en Algérie.....	(04)
I.4 Energie solaire.....	(05)
I.4.1 Mesure du rayonnement solaire.....	(06)
I.4.2 Données géographiques.....	(07)
I.4.3 Zones climatiques en Algérie.....	(08)
I.4.4 Climat de la région de Bejaïa.....	(09)
I.5 Généralités sur le transfert thermique.....	(12)
I.5.1 Types de transfert thermique.....	(12)
I.5.2 Types de la convection.....	(13)
I.5.3 Phénomène de convection.....	(14)
I.6 L'habitat actuel en Algérie.....	(14)
I.6.1 Définition de l'habitat.....	(14)
I.6.2 Classification de l'habitat en Algérie.....	(15)
I.7 Conclusion.....	(16)

Chapitre II : Ventilation naturelle

II.1 Introduction.....	(17)
------------------------	------

Sommaire :

II.2 Définition de la ventilation.....	(17)
II.2.1 Ventilation mécanique.....	(17)
II.2.2 Ventilation naturelle.....	(17)
II.3 Différence entre l'aération et la ventilation	(18)
II.3.1 But d'aération et de ventilation	(18)
II.3.2 Avantages de la ventilation.....	(19)
II.3.3 Principe de la ventilation naturelle.....	(20)
II.4 Différentes cavités utilisées en ventilation naturelle.....	(20)
II.4.1 Mur trombe.....	(21)
II.4.2 Tours à vent.....	(22)
II.4.3 Façade à double peau.....	(23)
II.4.4 Puits canadien.....	(24)
II.4.5 Cheminée solaire.....	(24)
II.4.5.1 Principe d'écoulement dans une cheminée solaire	(25)
II.4.5.2 Types de cheminées solaires.....	(26)
II.4.5.2.1 Cheminée solaire verticale.....	(26)
II.4.5.2.2 Cheminée solaire inclinée.....	(27)
II.4.5.3 Modes d'opération d'une cheminée solaire.....	(28)
II.6 Paramètres qui influencent sur la cheminée solaire.....	(30)
II.6.1 Température de l'air.....	(30)
II.6.2 Spécificité des parois	(30)
II.6.3 Humidité de l'air.....	(30)
II.6.4 Vitesse de l'air.....	(30)
II.6.5 Vent.....	(31)

Sommaire :

II.6.6 Inertie thermique.....	(31)
II.6.7 Pression Atmosphérique.....	(32)
II.8 Equations régissantes.....	(32)
II.8.1 Equation de continuité.....	(32)
II.8.2 Equation de conservation de quantité de mouvement.....	(32)
II.8.3 Equation de l'énergie.....	(33)
II.9 Bilan énergétique.....	(33)
II.9.1 Bilan énergétique au niveau de vitrage.....	(33)
II.9.2 Bilan énergétique de fluide au niveau de la cheminée.....	(35)
II.9.3 Bilan énergétique au niveau de l'absorbeur.....	(36)
II.10 Corrélation théorique pour calculer les coefficients de transfert thermique.....	(37)
II.10.1 Taux de renouvellement d'air	(38)
II.11 Conclusion.....	(38)

Chapitre III : Procédure numérique et discussions des résultats

III.1 Introduction.....	(39)
III.2 Description du phénomène.....	(39)
III.2.1 Paramètres géométriques du local étudié	(40)
III.2.2 Hypothèses simplificatrices.....	(40)
III.3 Procédure numérique.....	(41)
III.3.1 Construction de la géométrie des cavités étudiées.....	(41)
III.3.2 Génération du maillage sous GAMBIT.....	(42)
III.3.3 Simulation sous solveur Fluent.....	(45)
III.3.3.1 Conditions aux limites.....	(45)
III.3.3.2 Choix du model de turbulence.....	(46)

Sommaire :

III.4 Discussion des résultats numériques obtenus dans le cas simple (un seul étage).....	(47)
III.4.1 Cas de référence.....	(47)
III.4.2 Influence de l'angle de l'inclinaison.....	(48)
III.4.3 Influence de l'intensité.....	(51)
III.4.4 Influence de la largeur de la cheminée.....	(53)
III.5 Discussion des résultats numérique obtenus dans le cas R+3 (Cas complexe).....	(56)
Conclusion générale.	(58)

Liste des figures :

Figure I.1. Déférentes énergie renouvelable	(03)
Figure I.2. Répartition de la consommation énergétique mondiale selon les ressources en 2013(BP, 2013).....	(04)
Figure I.1. Structure de consommation d'énergie en Algérie.....	(05)
Figure I.4. Radiomètre.....	(06)
Figure I.5. Pyranomètre.....	(07)
Figure I.6. Pyrhéliomètre.....	(07)
Figure I.7. Classification du climat en Algérie.....	(09)
Figure I.8. Température moyenne maximale et minimale	(10)
Figure I.9. Rayonnement solaire incident en ondes courtes quotidien moyen.....	(11)
Figure I.10. Vitesse moyenne du vent.....	(11)
Figure I.11. trois modes de transfert thermique.....	(13)
Figure I.12. principe de la convection naturelle	(13)
Figure I.13. principe de la convection forcée.....	(14)
Figure II.1. Diagramme schématique de trois types de cavité pour le chauffage passif[14]	(21)
Figure II.2. Mur Trombe utilisé comme a) ventilateur, b) chauffage	(22)
Figure II.3. Fonctionnement d'une tour à vent	(23)
Figure II.4. Façade double peau	(23)
Figure II.5. Le puits canadien	(24)
Figure II.6. principe d'écoulement d'air dans une cheminée solaire	(25)
Figure II.7. fonctionnement de la cheminée solaire.....	(26)
Figure II.8. cheminée solaire verticale.....	(27)
Figure II.9. cheminée solaire inclinée.....	(28)
Figure II.10. les trois modes de fonctionnement d'une cheminée solaire.....	(28)
Figure II.11. Queen's building de l'université de Montfort, Leicester	(29)
Figure II.12. Couleurs des parois	(30)
Figure II.13. Pression du vent sur un bâtiment	(31)
Figure II.14. Principe de l'inertie thermique	(32)

Liste des figures :

Figure II.15. Bilan énergétique au niveau de vitrage.....	(34)
Figure II.16. bilan énergétique au niveau de l'air qui traverse la cheminée	(35)
Figure II.17. bilan énergétique au niveau de l'absorbeur	(36)
Figure III.1. Emplacement géographique de la bibliothèque.....	(39)
Figure III.2. Dimensionnement du cas simple (un seul étage).....	(41)
Figure III.3. Dimensionnement du cas complexe (R+3).....	(42)
Figure III.4. Procédures de génération d'un maillage dans le GAMBIT	(43)
Figure III.5. Maillage pour le cas simple (un seul étage).....	(44)
Figure III.6. Maillage pour le cas complexe (R+3).....	(44)
Figure III.7. Champ de vitesse pour le cas simple avec une inclinaison de 45°, a 0.75m de largeur et de 650 W/m ² d'intensité solaire.....	(47)
Figure III.8. Température pour le cas simple avec une inclinaison de 45°, a 0.75m de largeur et de 650 W/m ² d'intensité solaire.....	(48)
Figure III.9. Champ de vitesse pour une inclinaison de 60°	(49)
Figure III.10. Champ de vitesse pour une inclinaison de 90°	(49)
Figure III.11. Température pour une inclinaison de 60°	(50)
Figure III.12. Température pour une inclinaison de 90°	(50)
Figure III.13. Champ de vitesse pour une intensité de 500 W/m ²	(51)
Figure III.14. Champ de vitesse pour une intensité de 800 W/m ²	(52)
Figure III.15. Température pour une intensité de 5000 W/m ²	(53)
Figure III.16. Température pour une intensité de 800 W/m ²	(53)
Figure III.17. Champ de vitesse pour une largeur de 0.5 m.....	(54)
Figure III.18. Champ de vitesse pour une largeur de 1 m.....	(54)
Figure III.19. Température pour une largeur de 0.5m.....	(55)
Figure III.20. Température pour une largeur de 1m	(55)
Figure III.21. Répartition du champ de vitesse dans la cavité complexe (R+3).....	(56)
Figure III.22. Répartition de la température dans la cavité complexe (R+3).....	(57)

Liste des tableaux :

Tableau III.1.Dimensionnement du local étudié cas d'un seul étage	(40)
Tableau III.2.Dimensionnement du local étudié cas R+3.....	(40)
Tableau III.3.Conditions aux limites pour le cas de référence.....	(45)
Tableau III.4.Conditions aux limites pour le cas de variation de l'intensité.....	(45)
Tableau III.5.Conditions aux limites pour le cas de variation de l'inclinaison.....	(45)
Tableau III.6.Conditions aux limites pour le cas de variation de la largeur de la cheminée..	(46)

Nomenclature :

A_p	surface de l'absorbeur (m^2)
A_v	surface du vitrage (m^2)
A_i	l'entrée de la cheminée (m)
A_o	la sortie de la cheminée (m)
ACH	air changé par heure (l/h)
a	ambient
Cd	coefficient de décharge
C_p	chaleur spécifique (kJ/ (kg.K))
g	constante de la gravité (m/s^2)
h	la hauteur de l'ouverture
h_{cp-a}	coefficient de transfert de chaleur par conduction par l'absorbeur ($W/m^2 \cdot K$)
h_{cv-a}	coefficient de transfert de chaleur par conduction par le vitrage ($W/m^2 \cdot K$)
$h_{con va}$	coefficient de transfert convectif entre le vitrage et l'air de la cheminée ($W/m^2 \cdot K$)
$h_{con pa}$	coefficient de transfert convectif entre l'absorbeur et l'air de la cheminée ($W/m^2 \cdot K$)
h_{rpv}	coefficient de transfert radiatif entre l'absorbeur et le vitrage ($W/m^2 \cdot K$)
$h_{rv-ciel}$	coefficient de transfert radiatif entre l'absorbeur et le ciel ($W/m^2 \cdot K$)
h_{vent}	coefficient de transfert convectif entre le vitrage et l'air ambient ($W/m^2 \cdot K$)
H	la hauteur de la chambre (m)
I	intensité solaire (W/m^2)
L_c	la hauteur de la cheminée (m)
\dot{m}	le débit massique (kg/s)
Nu	Nusselt number
q_{conv}	transfert de chaleur (W)
q_{perte}	perte de chaleur (W)
Q	débit volumique (m^3/s)
T	température (K)
T_a	température de l'ambiance (K)
T_f	température du fluide qui circule dans la cheminée (K)
T_p	température de l'absorbeur (K)
T_v	température de la vitre(K)
T_{fo}	température de l'air à la sortie de la cheminée (K)
T_{fi}	température de l'air à l'entrée de la cheminée (K)
T_{fi}	température de ciel (K)

Nomenclature :

U_t	coefficient de perte de chaleur du vitrage vers l'air ambiant (W/m ² . K)
V_{vent}	vitesse d'air ambiant (m/s)
x, y	coordonnée cartésiennes

Les symboles grecs :

α_v	Coefficient d'absorption du vitrage
α_p	Coefficient d'absorption de l'absorbeur
ε_p	Coefficient d'émissivité du vitrage
ε_v	Coefficient d'émissivité de l'absorbeur
t_v	Coefficient de transmission du rayonnement par le vitrage
ω	Coefficient de pondération de température moyenne
σ	Constante de Steffan–Boltzmann (5.67 .10 ⁻⁸ W/m ² K ⁴)
P_f	Densité (kg/m ³)
θ	L'angle d'inclinaison de la cheminée avec l'horizontal (°).
λ	Conductivité thermique (W/m. K)
μ_m	viscosité dynamique (N. s/m ²)

Introduction Générale

La croissance de la demande des populations en énergies et la limitation des ressources classiques, fait que l'énergie solaire devient très intéressante dans plusieurs domaines, en apportant une solution réellement économique et écologique.

On estime qu'actuellement plus de deux milliards de personnes ne sont pas reliées à un réseau électrique et ne le seront pas dans un avenir proche pour des questions de rentabilité liées à l'éloignement, à la faible densité de population, à la pauvreté ou au manque de besoins. Pour ces populations, les systèmes solaires autonomes peuvent jouer un rôle très important (éclairage, pompage...etc.).

- La ventilation naturelle est un des moyens déjà utilisés auparavant dans l'architecture des villes traditionnelles à l'ouest de l'Algérie. Pour réduire l'utilisation de l'électricité des dispositifs de climatisation et l'utilisation des CFC (chlorofluorocarbures) qui participent au réchauffement de la planète. Les techniques de refroidissement passives sont devenues plus attractives ces dernières années, ce qui justifie leur exploitation sous différentes formes.

Le confort thermique visé à l'intérieur des constructions est en fait une principale exigence pour le comportement morale et physique de l'individu. Il est estimé essentiellement en fonction des paramètres climatiques extérieurs.

Vu sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un potentiel en énergies renouvelables considérables. Le gisement solaire algérien s'élève à $5,2 \cdot 10^{15}$ KWh/an soit l'équivalent de 5 fois les réserves mondiales en pétrole. De ce fait, l'exploitation de ces énergies au profit des populations est recommandée et l'investissement dans le sud serait justifié. En effet, dans les climats chauds, il est possible de remédier au problème de climatisation simplement par des dispositions et procédés de ventilation passive adéquats [1].

Les cheminées solaires sont un genre de technologies d'énergie renouvelable, qui augmentent la ventilation naturelle dans les bâtiments. Elle se compose habituellement d'une vitre, d'une cavité, et d'un mur massif qui absorbe l'énergie solaire. L'air dans la cheminée est réchauffé par l'énergie solaire, et coule vers le haut en raison de la force d'Archimède. Cela peut être une force d'entraînement pour amplifier la ventilation naturelle. Dans ce présent travail, on s'intéresse à la ventilation et le rafraichissement naturel par les cheminées solaires inclinées.

Introduction Générale

L'objectif du présent travail consiste à étudier **la ventilation naturelle** d'un immeuble constitué d'un rez-de chaussée et de trois étages pour l'étude de l'installation d'une cheminée solaire. Le plan de notre travail est structuré en trois chapitres.

- Le premier chapitre présente une recherche bibliographique sur le transfert thermique.
- Le deuxième présente la ventilation naturelle et les différents types de cavités utilisées dans cette ventilation, enfin on termine avec des équations et un bilan énergétique définissent le transfert thermique qui se déroule au niveau des plusieurs éléments de la cavité (vitre, absorbeur, mursetc.).
- Le troisième chapitre englobe les interprétations et les résultats de simulation numérique de l'écoulement dans la configuration étudiée afin de bien comprendre des phénomènes qui régissent le meilleur transit d'air. Pour les prendre comme des paramètres et des conditions et les utilisaient dans l'objectif de notre étude. Et finalement on a clôturé ce travail par une conclusion générale.

CHAPITRE I :
Généralités sur l'énergie solaire et le
transfert thermique

I.1 Introduction :

Les réserves mondiales prouvées d'énergies non renouvelables (combustible fossiles et énergie nucléaire) pouvaient être estimées en 2018, selon BP et WNA, à 1120 milliards de tonnes d'équivalent de pétrole (Tep), soit 90 de production au rythme actuel.

De nos jours, l'utilisation rationnelle des ressources énergétique est placée au centre de nos préoccupations, le recours aux sources d'énergies renouvelables comme l'énergie solaire, ce dernier est disponible partout sur la planète avec des degrés diverse. Elle est entièrement renouvelable avec un apport variable selon les jours et les saisons, mais elle est relativement prévisible avec une puissance maximale de 1000W/m^2 , même si elle est relativement diluée, sont apport énergétique annuel pourrait répondre par des milliers de fois à la consommation énergétique de la plupart des pays.

Dans ce cas-là en peux considérer l'énergie solaire comme une alternative très importante pour répondre à nos besoins énergétiques.

I.2 Energie renouvelable :

Une énergie renouvelable est une énergie exploitée par l'homme, de telle manière que ses réserves ne s'épuisent pas. En d'autres termes, sa vitesse de formation doit être plus grande que sa vitesse d'utilisation. On appelle énergie renouvelable celle provenant de sources non fossiles, qui se renouvellent. Les énergies renouvelables sont caractérisées par :

- sources durables voire inépuisables
- sources abondantes dans toutes les régions, et gratuites (seul le coût d'installation représente un investissement parfois lourd)
- à l'utilisation aucun rejet polluant ni déchets dangereux (la fabrication des appareils par contre peut être polluante comme toute industrie de fabrication).



Figure I.1 : différentes énergies renouvelables.

I.3 Consommation mondiale de l'énergie :

La demande d'énergie primaire mondiale était satisfaite en 2013 à plus de 81% par les énergies fossiles. Le pétrole est la première source d'énergie, assurant 33% des besoins mondiaux, suivi par le charbon 27% et le gaz 21%. Les énergies renouvelables satisfont quant à elles 19 % de la demande, dont 2 % pour l'hydraulique. La part du nucléaire dans la consommation d'énergie primaire s'établit à 6 % (BP, 2014).

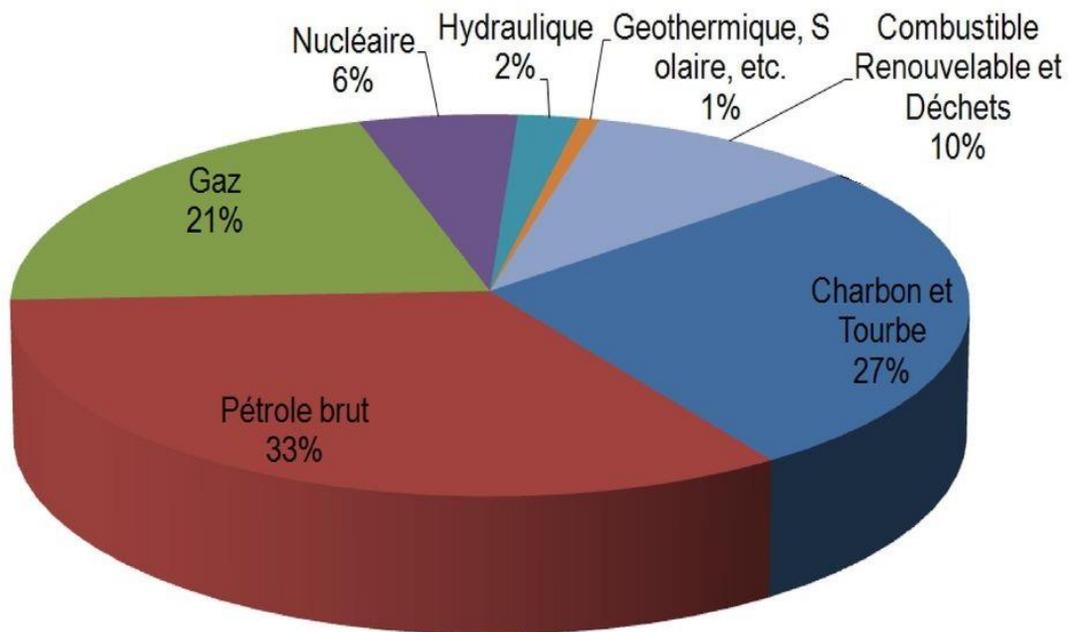


Figure I.2: Répartition de la consommation énergétique mondiale selon les ressources en 2013(BP, 2013).

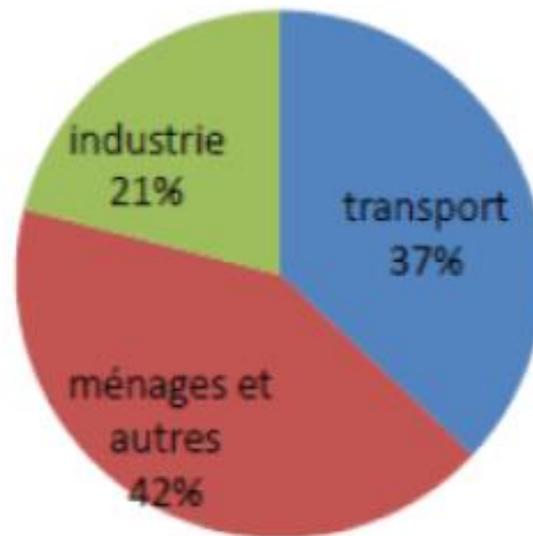


Figure I.3: Structure de consommation d'énergie en Algérie 2014[2]

L'analyse de l'historique de l'évolution de consommation d'énergie par secteur d'activité en Algérie pendant la période 2010 à 2014 met en lumière l'augmentation de consommation d'énergie dans le secteur ménages et transport au cours des années, et la fluctuation de la consommation pour le secteur industrielle. Ceci reflète notamment l'amélioration du niveau de vie des citoyens par l'utilisation excessive d'équipements de confort tels que le climatiseur, le chauffe d'air et d'autres.

Par analyse des circuits de la consommation d'énergie en Algérie en 2014, nous notons le contrôle du secteur résidentiel, la plus grande proportion de la consommation d'énergie et cela est dû à l'évolution de la vie des citoyens au cours des dernières années, et leur quête d'un repos, puis en utilisant des machines électroménager consommation d'électricité et de gaz, tels que les climatiseurs et les appareils de chauffage.

I.4 Energie solaire :

L'énergie solaire est disponible partout sur la planète avec des degrés diverse. Elle est entièrement renouvelable avec un apport variable, au gré des jours et des saisons. Mais, elle est relativement prévisible avec une puissance maximale de 1000 W/m^2 . Même si elle est relativement diluée, son apport énergétique annuel pourrait répondre par des milliers de fois à la consommation énergétique de la plupart des pays, à l'exception de ceux très industrialisés.

L'énergie solaire thermique consiste à transformer le rayonnement solaire en énergie thermique (chaleur). Le gisement solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible dans un site donné et au cours d'une période donnée. L'étude

du gisement est le point de départ de toute investigation. Cette étude est très indispensable dans le domaine de l'énergie solaire afin de simuler le fonctionnement probable du système énergétique de s'assurer de son intérêt et de sa faisabilité. Le principe consiste à capter le rayonnement solaire et à le stocker dans le cas des systèmes passifs (véranda, serre, façade vitrée) ou, s'il s'agit de système actif, à redistribuer cette énergie par le biais d'un fluide caloporteur qui peut être de l'eau, un liquide antigel ou même de l'air.

L'énergie solaire thermique trouve de nombreuses applications [26] :

- La production d'eau chaude,
- Le chauffage des maisons,
- Le chauffage de l'eau des piscines,
- Le séchage des récoltes,
- La réfrigération par absorption pour les bâtiments,
- La production de très haute température.

I.4.1 Mesure du rayonnement solaire :

Pour mesurer le rayonnement solaire au niveau de sol on peut utiliser les instruments suivants:

a. Le Radiomètre :

Le radiomètre est un appareil permettant de mettre en évidence l'énergie transportée par les radiations, il est constitué d'une ampoule de verre contenant de l'air à faible pression et un petit moulin à quatre pales ayant chacune une face noire et une face blanche. Il en résulte une dissymétrie dans l'absorption du rayonnement incident, qui provoque la mise en rotation du moulin.

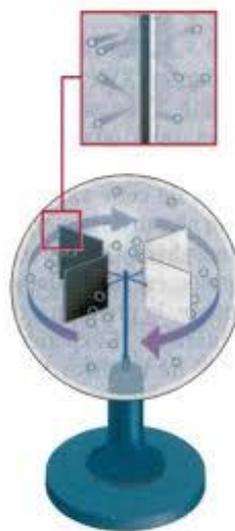


Figure I.4 : Radiomètre

b. Le Pyranomètre :

Le pyromètre est un radiomètre pour la mesure du rayonnement dans un plan, le rayonnement incident étant issu de l'ensemble de l'hémisphère situé au-dessus de l'instrument.



Figure I.5 - Pyrhéliomètre

c. Le Pyrhéliomètre :

Le pyrhéliomètre est un radiomètre muni d'un collimateur, pour la mesure du rayonnement solaire direct sous incidence normale.



Figure I.6 : Pyrhéliomètre

I.4.2 Données géographiques :

D'une superficie de 2.381.741 Km², l'Algérie présente une diversité de zones climatiques qu'on peut classer en trois catégories :

1. Le Tell : climat tempéré humide de type méditerranéen.
2. Les Hautes plaines : climat de type continental.

3. Le Sahara : climat aride et sec.

Elle est composée entre les latitudes 18° et 38° Nord, et entre 9° de longitude Ouest, et 12° de longitude Est, le méridien international 0° Greenwich passant près de Mostaganem. Les distances entre le nord et le sud, l'est et l'ouest varient de 1500 à 2000 Km [3].

I.4.3 Zones climatiques en Algérie :

L'Algérie occupe une vaste étendue territoriale, sa superficie dépasse les deux millions de Km². Plus de 4/5 de sa superficie est désertique. D'où une large variété géographique et climatique allant du littoral au désert. La classification climatique en Algérie permet de distinguer quatre zones principales (voir figure I.7) :

Zone A : Littoral marin ;

Zone B : Arrière littoral montagne,

Zone C : Hauts plateaux ;

Zone D : Présaharien et saharien.

Le littoral marin jouit d'un climat particulièrement tempéré, dû à l'action modératrice de la mer. Caractérisé par des hivers doux et pluvieux, et des étés chauds et humides avec de faibles amplitudes.

Le climat de l'arrière littoral montagne est plus froid en hiver, où l'altitude et l'éloignement de la mer entraînent une baisse de température et des amplitudes diurnes et annuelles. Les étés sont chauds et moins humides

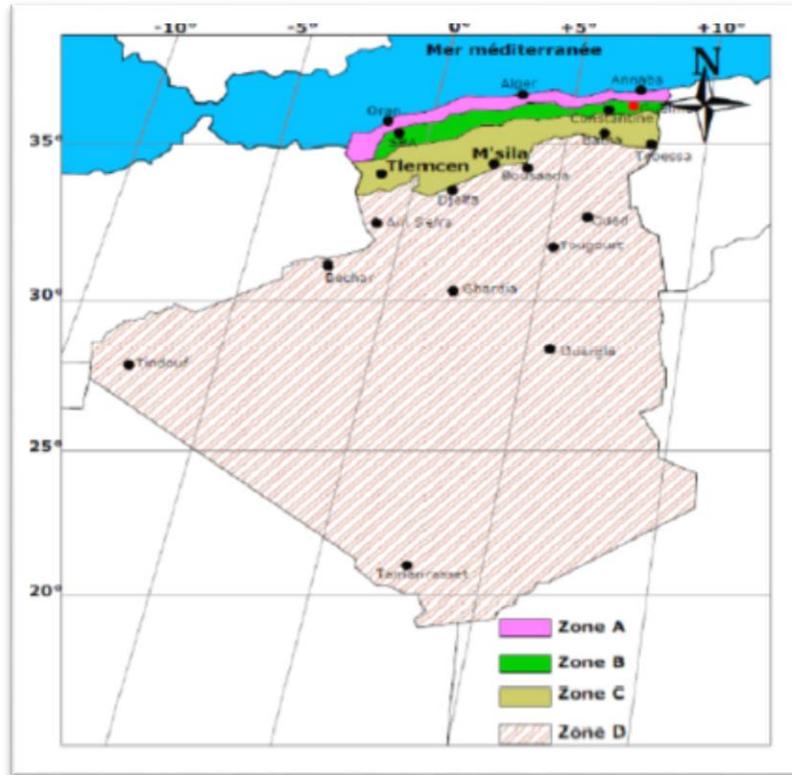


Figure I.7 : classification du climat en Algérie.

Or, le climat des hauts plateaux est relativement homogène, à tendance aride et très continentale. Ses hivers sont plutôt froids et longs qu'à la même altitude dans la zone A et B. Les températures sont très basses avec une fréquence de neige. Ses étés sont chauds et secs. Le climat Présaharien ou saharien est caractérisé par l'intensité du rayonnement solaire et une faible humidité, d'où le caractère du climat aride. L'absence de nuages favorise une forte amplitude de température. La période froide est plus courte avec des jours modérés et des nuits très froides. L'été est très chaud et rigoureux, les températures atteignent les 45°C à l'ombre avec les vents intenses de siroco [4].

I.4.4 Climat de la région de Bejaïa:

À Bejaïa, les étés sont chauds, lourds, sec et dégagé dans l'ensemble et les hivers sont long, frisquet, précipitation et partiellement nuageux. Au cours de l'année, la température varie généralement de 8 °C à 29 °C et est rarement inférieure à 5 °C ou supérieure à 32 °C [6].

I.4.4.1 Température :

La saison chaude dure 3,1 mois du 25 juin au 28 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 26 °C. Le jour le plus chaud de l'année est le 13 août, avec une température moyenne maximale de 29 °C et minimale de 22 °C.

La saison fraîche dure 3,9 mois, du 29 novembre au 26 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 18 °C. Le jour le plus froid de l'année est le 21 janvier, avec une température moyenne minimale de 8 °C et maximale de 16 °C. [6]

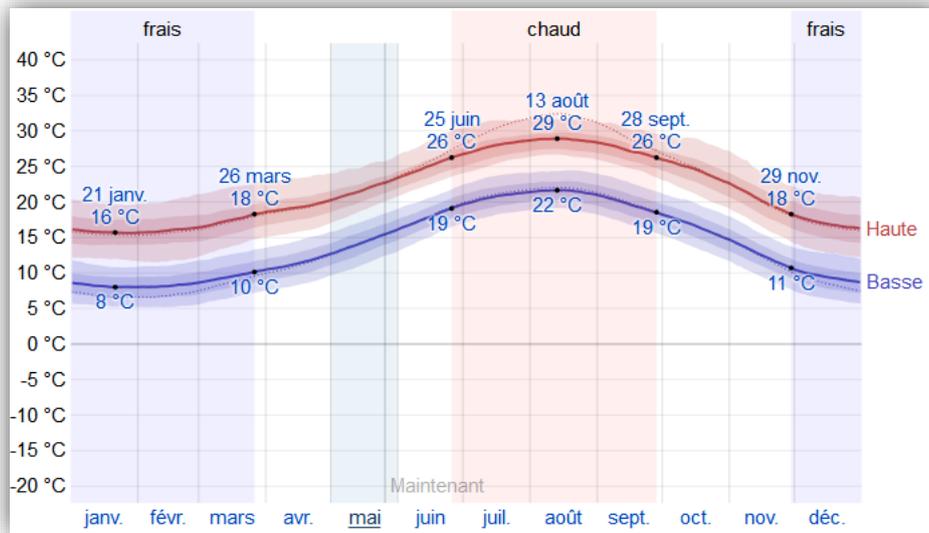


Figure I.8 : Température moyenne maximale et minimale [6]

I.4.4.2 Rayonnement solaire :

La période la plus lumineuse de l'année dure 3,4 mois, du 8 mai au 19 août, avec un rayonnement solaire incident en ondes courtes par mètre carré supérieur à 6,7 kWh. Le jour le plus lumineux de l'année est le 11 juillet, avec une moyenne de 7,8 kWh. [6]

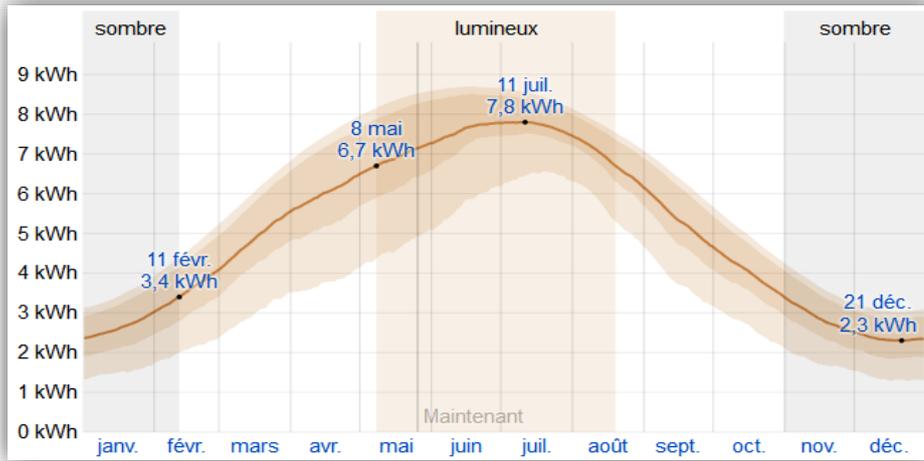


Figure I.9 : Rayonnement solaire incident en ondes courtes quotidien moyen [6]

I.4.4.3 Vent :

La vitesse horaire moyenne du vent à Bejaïa connaît une variation saisonnière considérable au cours de l'année.

La période la plus venteuse de l'année dure 4,9 mois, du 28 octobre au 25 mars, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 12,3 kilomètres par heure. Le jour le plus venteux de l'année est le 28 décembre, avec une vitesse moyenne du vent de 15,1 kilomètres par heure. La période la plus calme de l'année dure 7,1 mois, du 25 mars au 28 octobre. Le jour le plus calme de l'année est le 18 juin, avec une vitesse moyenne horaire du vent de 9,4 Km/h.[6]

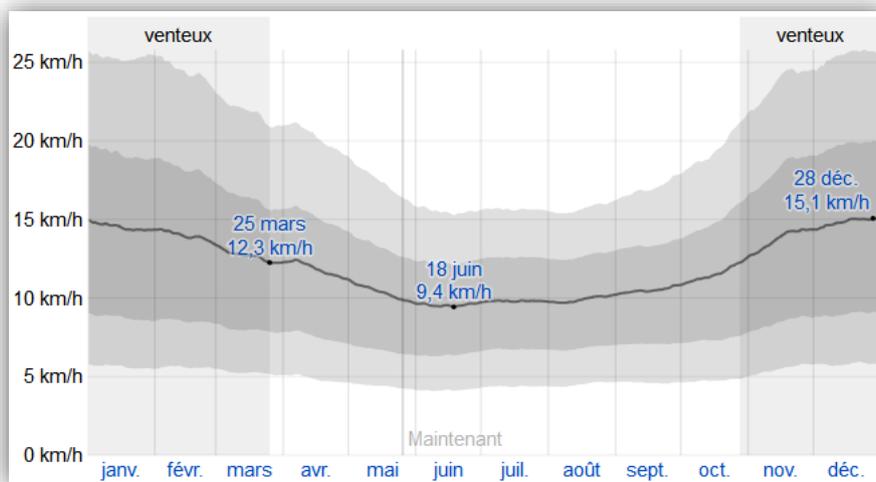


Figure I.10 : Vitesse moyenne du vent [6]

I.5 : généralités sur le transfert thermique :

Les processus de transfert de chaleur sont largement répandus dans la nature. Le transfert de chaleur embrasse tout un ensemble de phénomènes complexes d'échanges thermiques dans l'espace, conditionnés par les différences des températures des différents éléments du milieu considéré. On distingue trois types (mécanismes) principaux de transfert thermique : la conduction, le rayonnement et la convection.

I.5.1 Types de transfert thermique :

a. Conduction :

Il s'agit des échanges thermiques qui ont lieu quand le corps est en contact avec une surface (chaise, fauteuil, canapé, lit) .Ces échanges sont limités en importances.

b. Rayonnement :

Il s'agit des échanges de rayonnement infrarouge avec les parois qui peuvent être froides ou chaudes. La température de rayonnement correspond à la température des surfaces avec lesquelles le corps humain échange de la chaleur. Le flux radiatif dépend de la constante de Stefan-Boltzmann, de l'émissivité des corps, des différences des puissances de températures des surfaces et des facteurs de forme.

c. Convection :

Il s'agit des échanges de chaleur liés au mouvement de l'air autour du corps. Ils sont d'autant plus intenses lorsque la vitesse de l'air est importante et que l'écart de température entre l'air et le corps est grand.

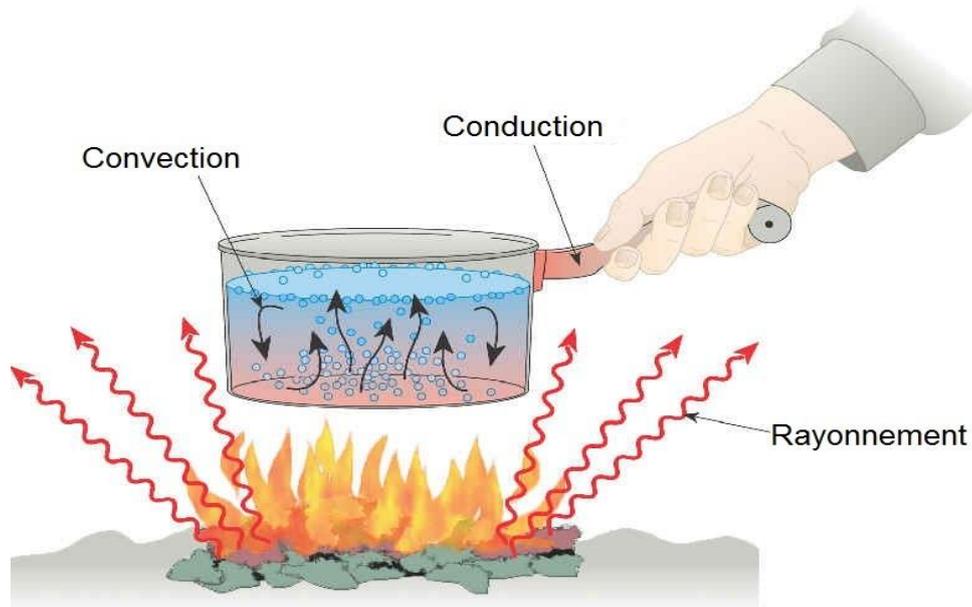


Figure I.11 : Trois modes de transfert thermique

I.5.2 Types de la convection :

a. Convection naturelle :

Le mouvement du fluide est créé par la gravité lié à l'écart de température entre le fluide et la paroi. Elle apparaît spontanément et se produit dans un fluide au sein duquel existe un gradient de température. C'est le cas dans une pièce où l'air chaud produit au niveau du sol va monter au plafond tandis que l'air froid va descendre. Le mouvement est dû au fait que les molécules en contact avec le sol vont se réchauffer (transfert de chaleur par conduction entre les molécules et la paroi du sol). La chaleur gagnée par ces molécules d'air fait que leur température augmente et leur masse volumique diminue. L'air chaud devient donc moins dense (plus léger) que l'air froid et s'élève donc sous l'effet d'une force d'Archimède, laissant sa place à d'autres molécules qui vont se réchauffer à leur tour [8].

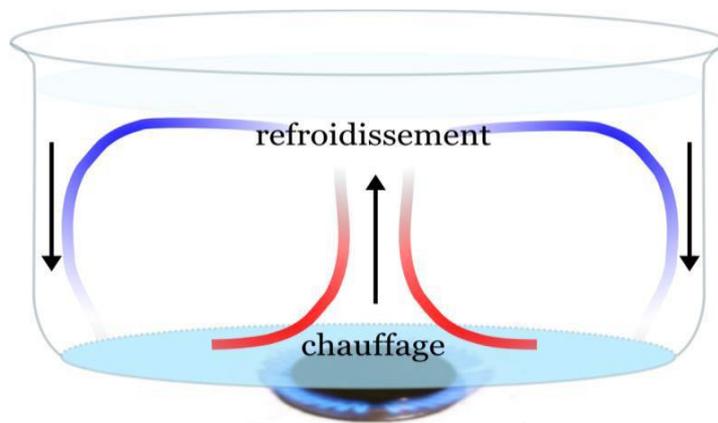


Figure I.12 : principe de la convection naturelle.

b. La convection forcée (ventilation) :

Elle se produit quand le mouvement du fluide est imposé artificiellement ce qui va accélérer les échanges thermiques.

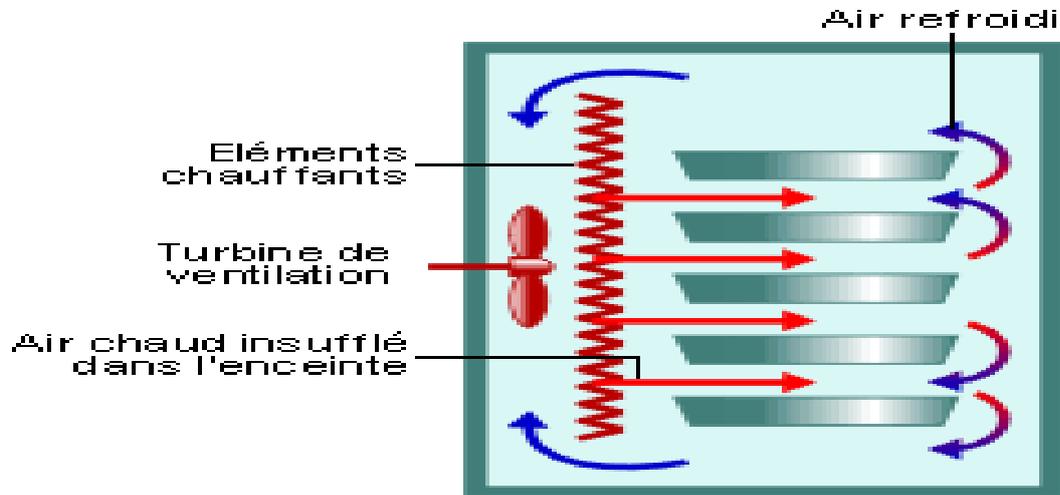


Figure I.13 : principe de la convection forcée.

c. La convection mixte :

Le mouvement du fluide dépend des forces extérieures et de la gravité, avec un τ assez grand pour modifier le mouvement.

I.5.3 Phénomène de convection :

La thermo-circulation de l'air est un mode de distribution de la chaleur : sous l'effet de rayonnement solaire, une paroi intérieure s'échauffe et cède une partie de la chaleur accumulée à l'air ambiant, par convection. L'air échauffé plus léger, provoque un mouvement ascendant, créant un appel d'air plus frais. Si l'agencement des espaces s'y prête, une circulation d'air s'établit entre les zones exposées au rayonnement et les zones non exposées en période nuageuse ou pendant la nuit le mouvement d'air doit être empêcher pour éviter une circulation inverse produisant un refroidissement [7]

I.6 L'habitat actuel en Algérie :

I.6.1 Définition de l'habitat :

L'habitat est un élément essentiel du cadre de vie qui doit tenir compte des besoins sociaux fondamentaux, constitue pour l'individu, pour une famille, et pour la collectivité. Il est un axe autour duquel le développement social, économique et politique du pays peut trouver un

dynamisme nouveau. En géographie humaine, l'habitat désigne le mode d'occupation de l'espace par l'homme pour des fonctions de logement. On parle ainsi d'habitat groupé, d'habitat dispersé et, par extension l'ensemble des conditions de logement.

I.6.2 Classification de l'habitat en Algérie :

On distingue deux types d'habitat individuel et collectif:

L'habitat individuel est une forme d'habitat où ne réside qu'une seule famille, située dans un espace privatif; cet espace est constitué par une parcelle de terrain comprenant des prolongements naturels tels que les cours et jardins. Par opposition à l'habitat collectif comportant plusieurs logements dans un même bâtiment. Caractérisé par la maison individuelle ou pavillon, l'habitat individuel tend à se développer par rapport à l'habitat collectif, même si celui-ci reste majoritaire en milieu urbain. Par rapport à l'habitat collectif, c'est un mode d'habitat très consommateur d'espace, qui entraîne un coût plus important en infrastructures et équipements, l'accroissement du «mitage» des paysages, ainsi qu'une circulation automobile plus dense [5].

a. Caractéristique de l'habitat collective:

- Chaud en hiver en raison du manque d'espace.
- Une mauvaise ventilation de la main.
- L'auteur offre la possibilité de logements multifamiliaux dans l'espace étroit.

b. Caractéristique de l'habitat individuelle:

- Disponible sur une bonne ventilation en raison de la vaste zone.
- La possibilité d'un changement à l'avant de la maison.
- La possibilité d'une exploitation dans le domaine du reboisement.

c. Espaces extérieurs:

Les espaces extérieurs sont restés à leur état initial tel que livré par le promoteur.

Aucune initiative n'est venue de la part des habitants pour le traitement ou la plantation de nouveaux arbres. L'éclairage extérieur est en état de marche et assure une certaine sécurité.

d. Les façades :

Ce qui peut être remarqué aussi les habitants essaient toujours, de jouer sur l'esthétique de la façade, la richesse de son ornementation. L'investissement dans les façades se renforce et se développe dans les habitations individuelles. Il s'agit bien d'une recherche de distinction, de couleurs, qui se fait par imitation tout en essayant de reprendre certains éléments et références

des villas voisines. Les hauteurs des différentes constructions, (plus hautes que celle du voisin), est un autre élément essentiel dans des habitants.

Les façades présentent un traitement simple particulier qui se détache par rapport aux autres îlots, il procure le sentiment d'identification aux occupants de l'unité d'habitation qui n'ont plus à s'identifier à un numéro mais a un aspect, à un reflet ou simplement à un traitement particulier.

Les façades tiennent compte des orientations des chambres et du niveau d'ensoleillement et de la protection des vents dominants.

I.7 Conclusion :

Ce n'est qu'après le premier choc pétrolier de 1973 que les énergies renouvelables sont revenues sur le devant de la scène, dans ce cas-là il nous faut une nouvelle voie d'énergies renouvelables, parmi ces énergies le soleil qu'il est considéré comme l'investissement du siècle pour sa disponibilité. Cette énergie en peut être utilisée en plusieurs domaines parmi ces domaines la ventilation des immeubles par la cheminée solaire, convertir ces rayons en énergie électrique....etc.

Ce chapitre montre que l'Algérie doit faire face à plusieurs défis dans le futur. Elle doit sur tout repenser au problème de l'énergie dans sa globalité et prendre conscience de ces possibilités d'économies d'énergie.

CHAPITRE II :
Ventilation naturelle

II.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 ». Il s'agit essentiellement de prévenir l'accumulation de polluants gazeux et d'odeurs désagréables générés au sein même du bâtiment, car l'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.

II.2 Définition de la ventilation

Ventilation est l'introduction intentionnelle d'air extérieur dans un espace, elle est principalement utilisée pour contrôler l'intérieure qualité de l'air par dilution et le déplacement de polluants intérieurs. Il peut également être utilisé à des fins de confort thermique ou déshumidification lorsque l'introduction de l'air extérieur contribuera à la réalisation des conditions psychrométriques intérieures désirées. L'introduction intentionnelle d'air extérieur peut être classée comme une ventilation mécanique ou une ventilation naturelle [9].

II.2.1 Ventilation mécanique

La ventilation mécanique consiste à recourir à des systèmes mécaniques pour apporter et extraire l'air des bâtiments. Elle permet d'affranchir des conditions climatiques [10].

II.2.2 Ventilation naturelle

Dans la ventilation naturelle, aucun système mécanique n'intervient. L'air se déplace grâce aux différences de pression dues au vent qui existent entre les façades du bâtiment et grâce à la différence de masse volumique en fonction de sa température, c'est le tirage thermique ou l'effet de cheminée. La circulation de l'air est donc totalement naturelle. [11]

II.3 différence entre l'aération et la 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.

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.

II.3.1 But de l'aération et de ventilation :

- La bonne qualité d'air intérieur traduite par la ventilation est importante pour les processus métaboliques et pour l'hygiène de chacun. La ventilation et la réduction des pollutions à la source sont les garantes d'une meilleure respiration et d'une meilleure santé. [12].

Dans les milieux bâtis, le confort thermique constitue une exigence essentielle à laquelle le concepteur doit apporter les réponses nécessaires. L'environnement thermique est caractérisé par quatre grandeurs physiques (la température de l'air, l'intensité de rayonnement solaire, l'humidité et la vitesse de l'air). Ces variables réagissent avec l'activité et la vêtue du corps humain pour établir son état thermique et constituent ensemble les six paramètres de base des échanges thermiques entre l'homme et son environnement. [13]

- La plupart des problèmes qui surviennent au niveau du bâtiment sont liés à la présence d'humidité non désirée. L'humidité dans un logement peut provenir d'une fuite dans la toiture, d'un solin mal achevé, de fenêtres ou de portes qui se ferment mal, de condensation sur des ponts thermiques, d'humidité ascensionnelle, de fuites dans des canalisations,...

Etant donné que l'humidité peut causer des dégâts au bâtiment et mener à des situations malsaines, il faut intervenir rapidement. Essayez d'abord de résoudre le problème au niveau de la construction, c'est-à-dire en réparant les fuites, en appliquant une couche hydrofuge et en ventilant suffisamment. Parallèlement, une solution curative aux problèmes est également nécessaire. L'humidité engendrée par la condensation peut mener aux problèmes suivants:

- Détérioration des finitions: peintures, papier peint, plafonnage...
- Formation de moisissures pouvant atteindre la structure du bâtiment ou le bois
- Diminution du pouvoir isolant.
- Certains éléments relatifs à l'environnement intérieur peuvent causer des troubles de santé. Ceux-ci peuvent varier en fonction de l'âge, du sexe, de l'état de santé,... mais surtout en fonction de la sensibilité de chacun. En plus, on peut distinguer les troubles de santé objectifs des troubles de santé subjectifs.

II.3.2 Avantages de la ventilation :

- Dans un premier temps, la ventilation naturelle a comme net avantage d'être un moyen passif d'aération des bâtiments. Elle est le plus souvent bien acceptée par les occupants car elle est facilement compréhensible et n'est pas compliquée à utiliser.
- De plus, l'investissement nécessaire est quasiment nul. Comme la ventilation naturelle ne nécessite pas normalement d'énergie électrique, elle permet donc une économie d'énergie, une économie financière et est donc beaucoup plus écologique. Elle permet ainsi des débits importants, notamment pour le refroidissement passif sans coût excessif puisque les systèmes mis en place ne tombent pas en panne et ne génèrent que très peu d'entretien. La durée de vie de ce principe est donc beaucoup plus longue.
- L'habitation peut également être dispensée de climatisation, ce qui réduit encore une fois les frais. Même dans le cas d'une ventilation naturelle à l'aide de puits canadiens, le coût est réduit, dépendant essentiellement du coût de terrassement il est donc particulièrement intéressant car seul le système de ventilation consomme de l'électricité et ce principe ne demande que très peu d'entretien.

- Il existe également de nombreuses autres qualités pour la ventilation naturelle au niveau ergonomique. Ce principe permet en effet d'avoir une arrivée supplémentaire de lumière naturelle grâce aux ouvertures créées. On parle ici d'éclairage zénithal. C'est ouvertures permettent donc une plus grande clarté de l'espace. Cette sensation est également amplifiée par les plafonds des habitations beaucoup plus hauts.
- Pour finir, la ventilation naturelle est un procédé qui contrairement à la ventilation mécanique possède un fonctionnement silencieux. Elle élimine tous les bruits causés par les ventilateurs. Cependant, tous ces avantages et notamment l'économie d'énergie importante ne compensent pas toujours la dépendance de la ventilation naturelle au climat.

II.3.3 Principe de la ventilation naturelle :

La ventilation naturelle est le moyen de ventiler le plus élémentaire.

Celle-ci est basée sur le simple fait que l'air chaud monte pour être évacué automatiquement par des ouvertures disposées à des endroits stratégiques.

Ce principe nécessite alors aucune source d'énergie et s'effectue sans aucune nuisances sonores. Le fonctionnement de la ventilation naturelle existe depuis les temps les plus reculés. Elle convient parfaitement dans l'industrie, les centres commerciaux, les centrales thermiques, les bâtiments d'exposition, les entrepôts, les hôpitaux, les maisons de repos, et bien sur aussi pour les maisons individuelles.

II.4 Différentes cavités utilisées en ventilation naturelle :

Les cheminées solaires, les façades à doubles peaux et les murs trombe sont des cavités ouvertes, elles sont conçues pour se servir de l'énergie solaire pour le chauffage passif, la ventilation naturelle dans le cas de la façade à double peau fournit également la lumière du jour. La figure (II.1) montre les trois types de cavité pour le chauffage passif et la ventilation naturelle dans des bâtiments. La flottabilité thermique est le mécanisme principal pour la circulation d'air dans les cavités ouvertes.

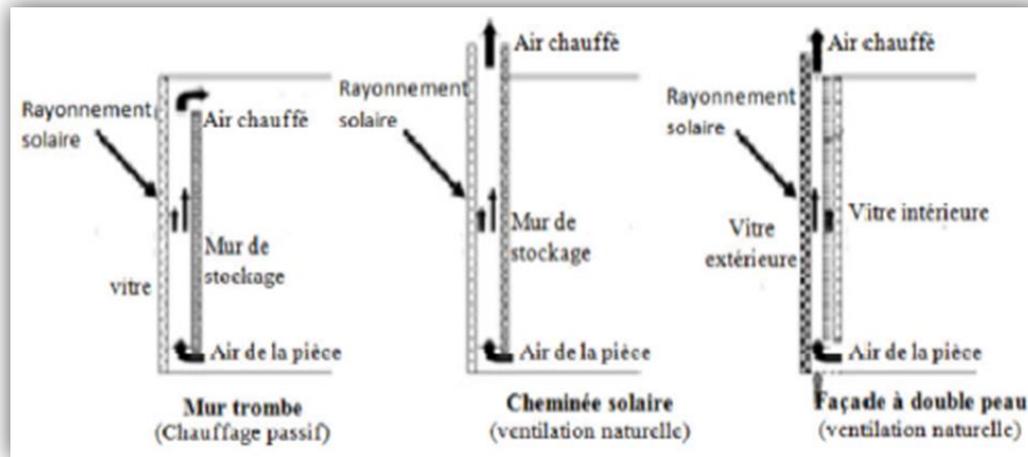


Figure II.1 : Diagramme schématisant de trois types de cavité pour le chauffage passif [13]

II.4.1 Mur trombe :

Le mur trombe consiste à un mur en maçonnerie lourde muni de deux orifices et disposé derrière un vitrage orienté vers le sud. Il rassemble et stocke l'énergie solaire pour fournir le chauffage de la pièce en hiver ou facilite la ventilation de la pièce en été.

Le mur Trombe-Michel, ou mur trombe, est basé sur le même phénomène physique que le mur capteur. Le rayonnement solaire vient chauffer une lame d'air présente entre un vitrage à faible émissivité et un mur à forte inertie thermique. Via un système de clapets situés en partie supérieure et inférieure du mur, une circulation d'air est possible entre l'intérieur de la pièce et la lame d'air chauffée. Il existe deux modes de fonctionnement

- Lorsque le rayonnement est présent dans la journée, il est possible d'ouvrir les clapets afin de permettre une convection naturelle. L'air de la pièce, relativement plus froid, vient se réchauffer au contact du mur capteur, et ainsi créer un mouvement convectif qui va permettre le réchauffement de la pièce en contact avec le mur. Il y a donc une circulation aéraulique entre la lame d'air et le volume adjacent.

- En l'absence d'ensoleillement, on ferme les clapets, et la chaleur emmagasinée par le mur capteur est restituée par rayonnement à la pièce, créant ainsi une convection naturelle, mais cette fois-ci sans mouvement d'air

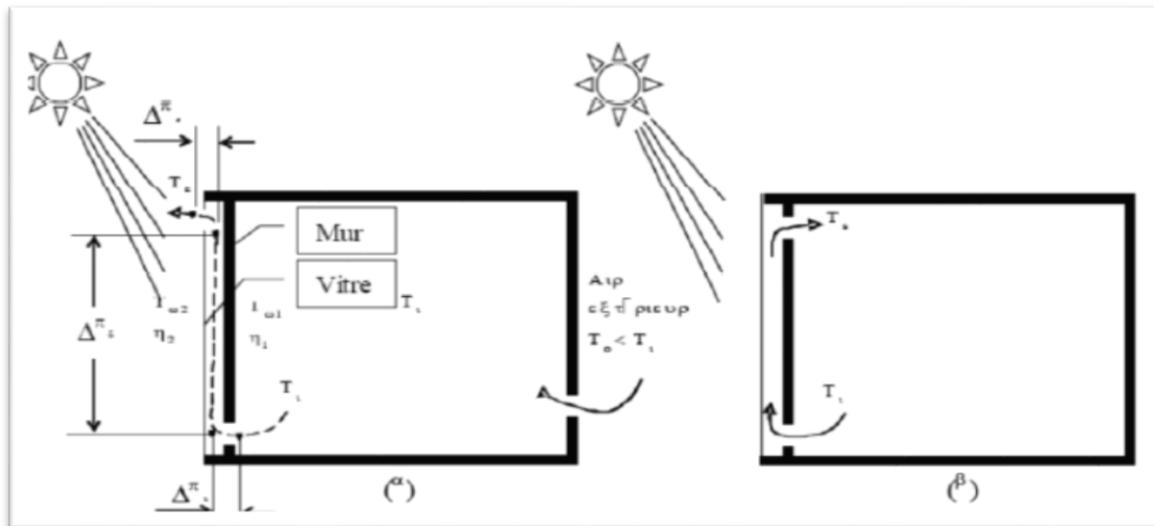


Figure II.2 : Mur Trombe utilisé comme a) ventilateur, b) chauffage.

Cette technique permet également d'éviter les surchauffes en été, grâce à la présence d'une ouverture, situé en partie supérieure du vitrage. En position ouverte, ce clapet permet d'évacuer l'air chauffé produit dans la lame d'air. Ceci n'est possible que si les clapets du mur capteur, sont eux fermés.

II.4.2 Tours à vent :

Les tours à vent sont des dispositifs destinés à capter les vents en hauteur afin de les diriger vers l'intérieur du logement à ventiler. Le capteur fonctionne par la différence de température entre le vent et l'air ambiant intérieur. Le vent, plus frais, moins poussiéreux et moins humide, de par la hauteur à laquelle il est capté, pénètre par le capteur pour descendre au rez-de-chaussée de l'habitation. L'air neuf ainsi introduit chasse l'air intérieur plus chaud et plus vicié. Si, par contre, l'air ambiant est plus frais que le vent en hauteur, une pression empêche la pénétration du vent dans le capteur. Il est préférable de prévoir, pour les saisons froides, des dispositifs qui permettent d'obstruer les bouches.

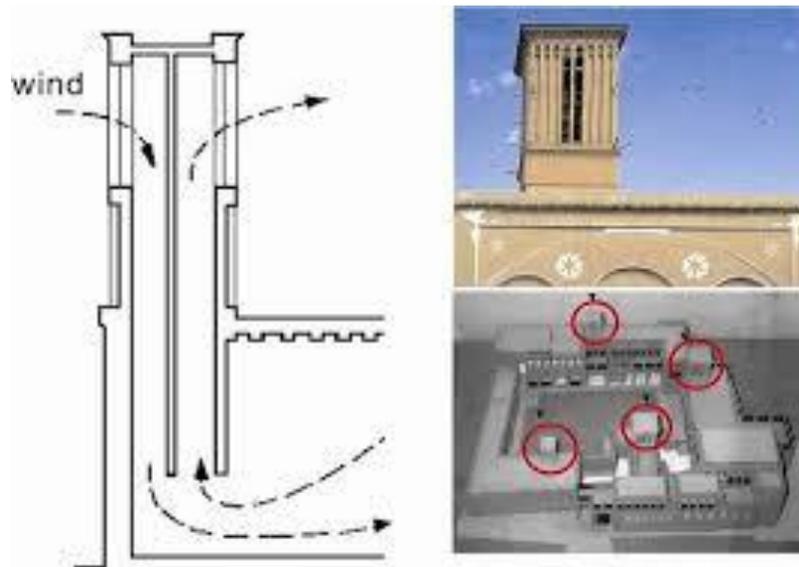


Figure II.3 : Fonctionnement d'une tour à vent.

II.4.3 Façade à double peau :

Une façade à double paroi d'un bâtiment se compose d'une paroi intérieure et l'autre externe, elle fournit au bâtiment l'isolation thermique. Elle a une fonction de régulation thermique du bâtiment.

La façade à double peau protège le bâtiment aux contraintes météorologiques par rapport aux rayonnements directs du soleil, elle évite les surchauffes d'été et limite le recours à la climatisation. En évitant l'action directe du vent, elle supprime l'effet de paroi froide en hiver, qui produit l'inconfort d'intérieur. Elle permet aussi d'apporter une température et une humidité de l'air agréable. En comparant avec la façade glacée traditionnel. Elle peut également être employée pour la ventilation naturelle du bâtiment.

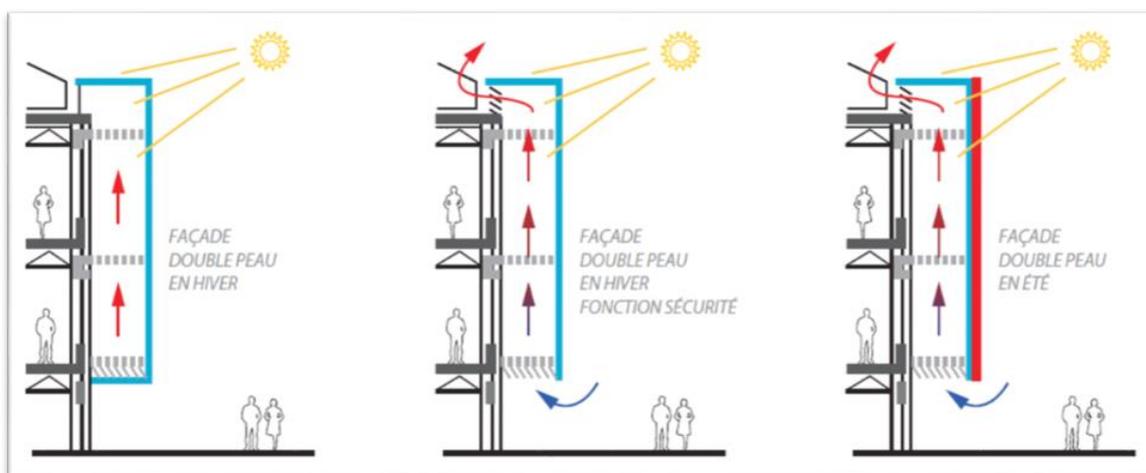


Figure II.4 : Façade double peau.

II.4.4 Puits canadien :

Ce système permet le préchauffage ou au contraire le rafraîchissement de l'air neuf d'un système de ventilation par l'intermédiaire d'un conduit d'amenée d'air enfoui dans le sol.

En hiver, le sol, à la profondeur de 2m, est plus chaud que la température extérieure : l'air froid est donc préchauffé lors de son passage dans les conduits. L'air n'est prélevé directement de l'extérieur, il y aura donc une économie d'énergie de chauffage.

En été, le sol est plus froid que la température extérieure : l'air entrant dans le bâtiment, sera tempéré naturellement par la température fraîche du sol.

Le puits canadien permet une économie de l'ordre de 20 à 25 % de la consommation liée au chauffage de l'air neuf et 5 à 10 % de la consommation totale de chauffage. Il permet, avec l'aide d'autres accessoires, de rafraîchir naturellement l'air entrant et dans de nombreux cas de se passer de climatisation en été.

Pour permettre l'échange thermique optimisé, le puits canadien doit respecter un flux d'air faible vitesse. Cette caractéristique le rend compatible avec les systèmes de ventilation naturelle ou Hybride.

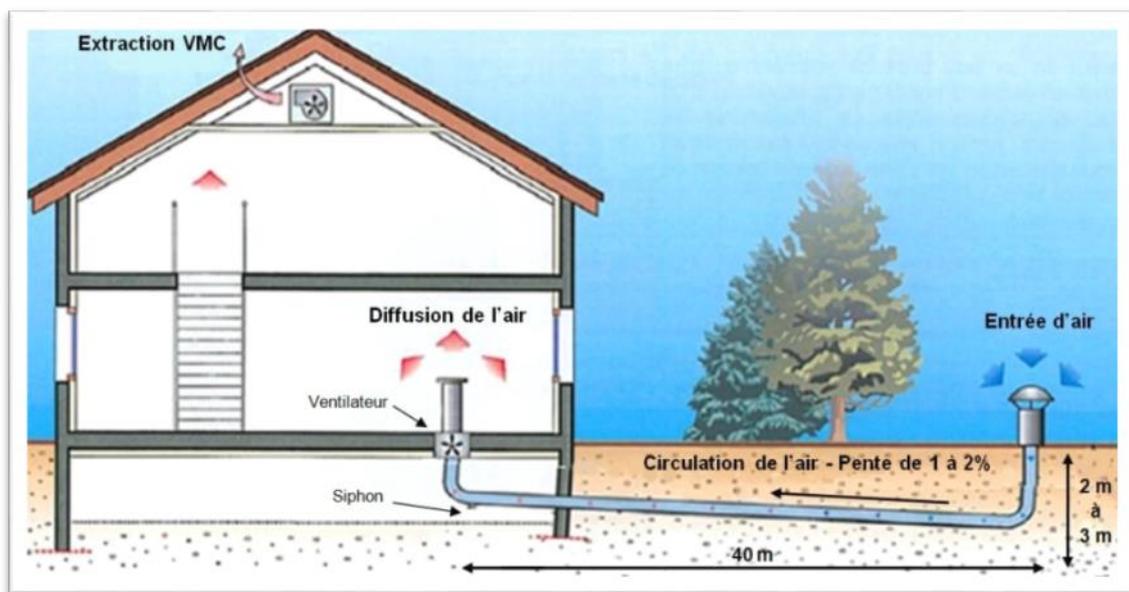


Figure II.5 : Le puits canadien.

II.4.5 Cheminée solaire :

Les cheminées solaires sont un genre de technologies d'énergie renouvelable, qui augmentent la ventilation naturelle dans les bâtiments. Elle se compose habituellement d'une vitre, d'une cavité, et d'un mur massif qui absorbe l'énergie solaire. L'air dans la cheminée est réchauffé par l'énergie solaire, et coule vers le haut en raison de la force d'Archimède. Cela peut être une force d'entraînement pour amplifier la ventilation naturelle.

La cheminée solaire peut être un des composants d'un bâtiment, dans lequel un ou plus de murs d'une cheminée sont transparents, le mur vitré permet le rayonnement solaire d'accumuler assez de chaleur pour induire l'effet de cheminée. L'énergie solaire réchauffe l'air à l'intérieur de la cheminée. En raison de la différence de la température d'air, un gradient de densité entre l'intérieur et l'extérieur de la cheminée provoque un mouvement ascendant d'air [15].

II.4.5.1 Principe d'écoulement dans une cheminée solaire :

L'écoulement est provoqué par la différence de masse volumique entre l'air intérieur (chaud) et l'air extérieur (froid). L'air chaud possède une masse volumique plus faible que l'air froid et tend à monter. L'air froid est plus lourd et tend à rester au sol. L'air chaud et humide s'élève vers les cheminées et est remplacé par de l'air froid et sec. Les grandes surfaces des entrées de l'air assurent de faibles vitesses qui ne causent pas de stress aux occupants.

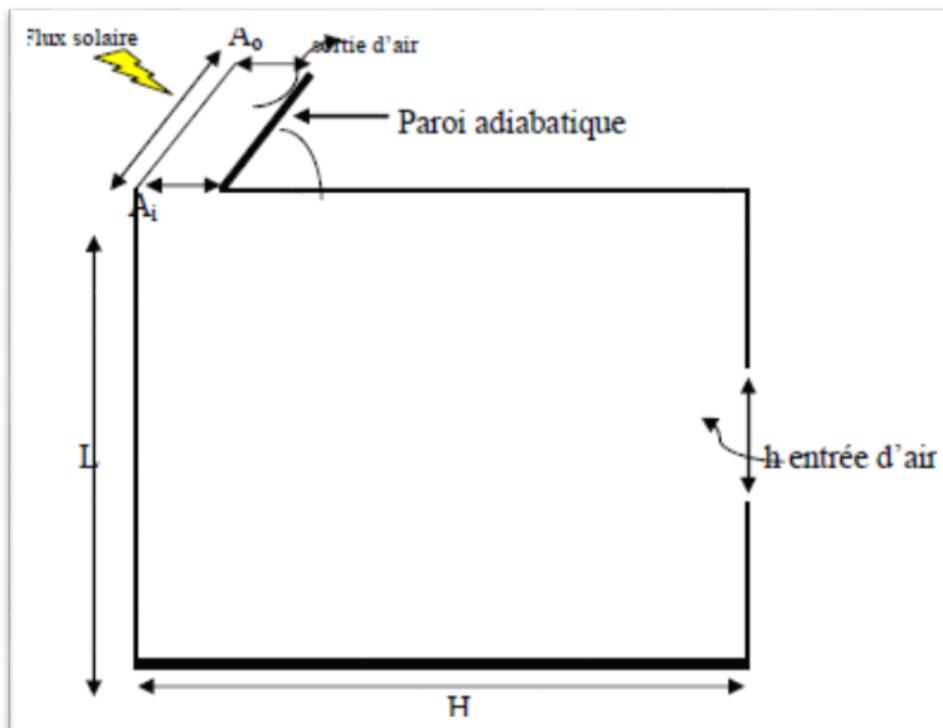


Figure II.6 : principe d'écoulement d'air dans une cheminée solaire.

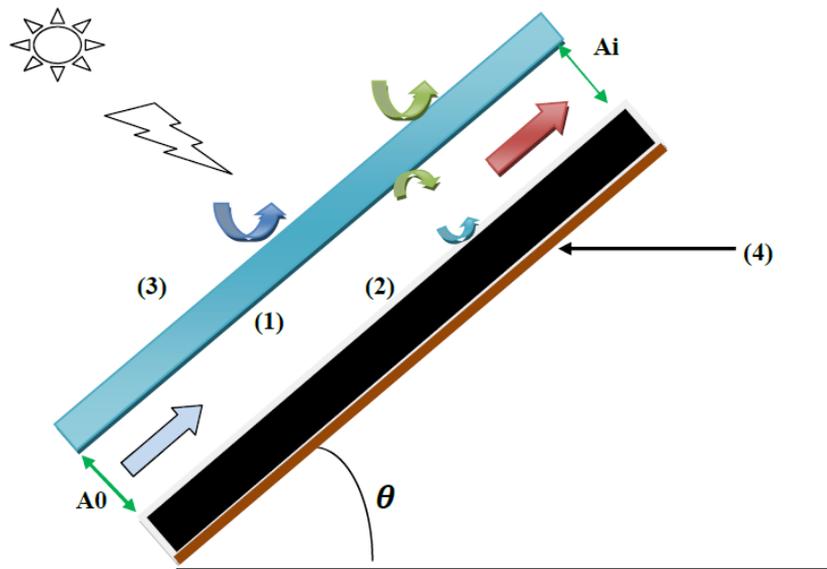


Figure II.7 : Fonctionnement de la cheminée solaire

- (1) : l'air qui traverse la cheminée
- (2) : l'absorbeur
- (3) : le vitrage
- (4) : l'isolation de l'absorbeur.
- (A_0): entrée de la cheminée .
- (A_1): sortie de la cheminée.
- (θ): angle d'inclinaison

II.4.5.2 Types de cheminée solaire :

Actuellement, on peut distinguer deux types de cheminée solaire:

II.4.5.2.1 Cheminée solaire verticale :

Ce type est le plus rencontré, ou l'entrée d'air se fait par l'ouverture au fond et la sortie par l'ouverture au-dessus. [15]

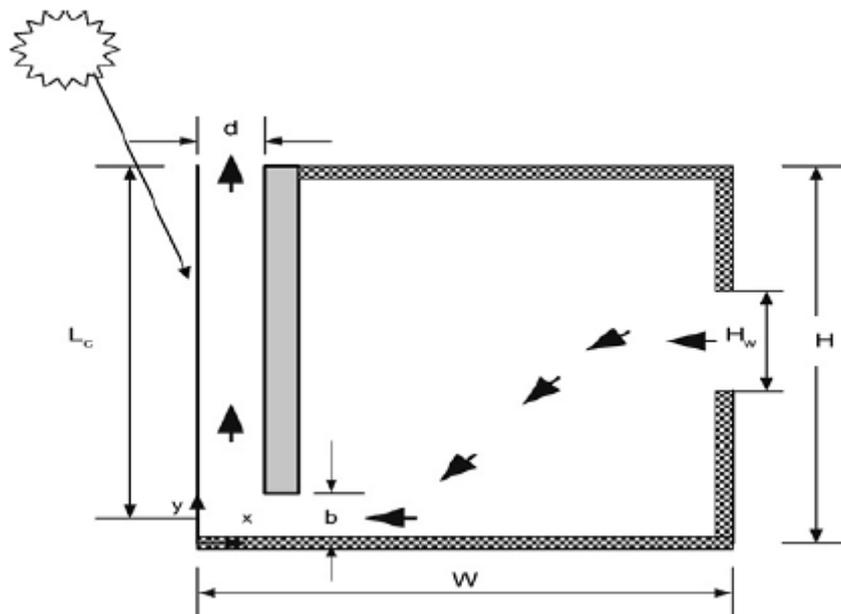


Figure II.8 : cheminée solaire verticale

- d : largeur de la cheminée ;
- b : entrée d'air ;
- w : longueur de la cavité ;
- H : hauteur de la cavité ;
- H_w : hauteur de la fenêtre ;
- L_c : hauteur de cheminée ;

Les flèches représentent le parcours de l'air extérieur à travers la cavité et la cheminée .

II.4.5.2.2 Cheminée solaire inclinée :

Conceptuellement, les cheminées solaires inclinées sont semblables aux cheminées solaires verticales. La seule différence est qu'elles sont intégrées d'une façon inclinée à un certain angle approprié, pour capturer le maximum de rayonnement solaire possible.

Le plus grand avantage des configurations inclinées qu'il fournit la ventilation suffisante à l'inclinaison de 30° à 45° pendant les mois d'été dans endroit géographique [15].

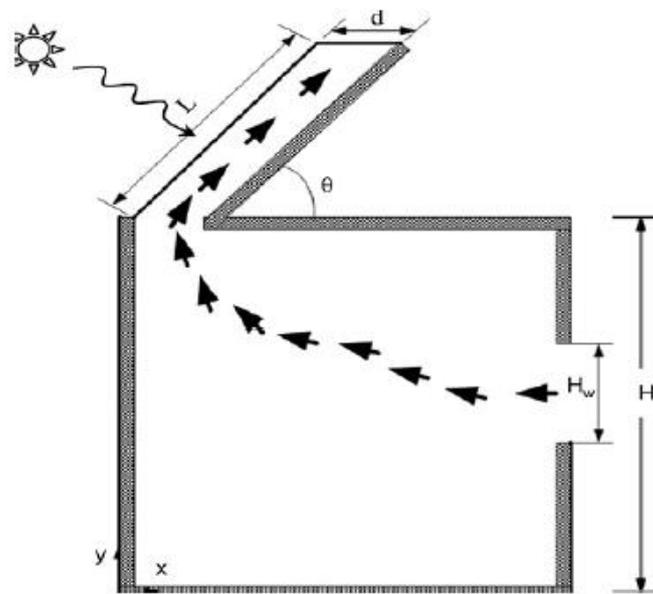


Figure II.9 : cheminée solaire inclinée

- L : longueur de la cheminée ;
- d : distance de la cheminée ;
- H_w : hauteur de la fenêtre ;
- H : hauteur de la cavité ;
- θ : angle d'inclinaison de la cheminée ;

II.4.5.3 Modes d'opération d'une cheminée solaire :

Trois modes d'opérations de la cheminée solaire, qui sont appropriés à chaque saison sont illustrés dans la figure (II.10) [14] :

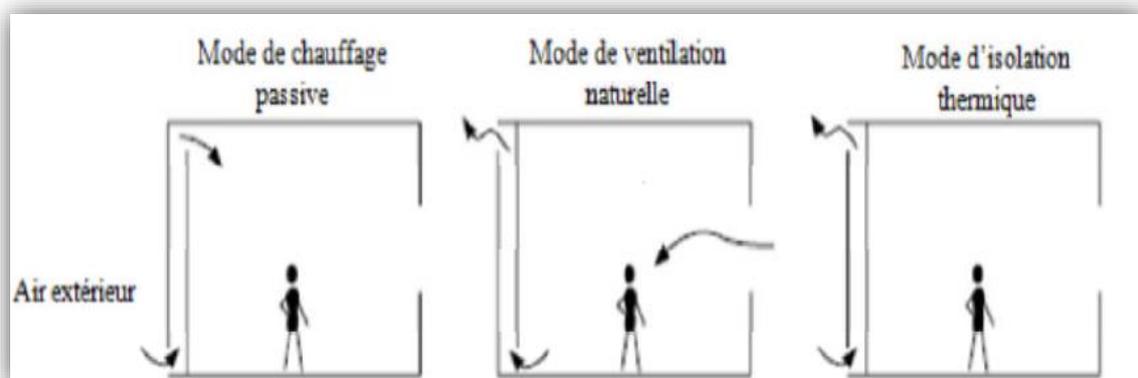


Figure II.10 : Les trois modes de fonctionnement d'une cheminée solaire [14].

- L'air extérieur est entré dans la cheminée, et réchauffé par l'énergie solaire absorbée. L'entrée d'air chaud dans la salle contribue à la réduction d'une charge thermique.
- Cas de refroidissement avec la température d'extérieure est inférieure à la température d'air dans la pièce : la cheminée solaire peut fonctionner dans le mode de ventilation et le refroidissement passif. La fonction est identique à celle pour le refroidissement dans des régions froides ou de climats modérés, où les conditions extérieures en été ne sont pas dures.
- Cas de refroidissement est et la température d'extérieure est supérieur à la température d'intérieure : la cheminée solaire n'est pas employée pour augmenter la ventilation parce que l'introduction d'air exterieure sans pré réfrigéré résulte une augmentation de la température à l'intérieur. Par conséquent, l'air entre dans la cheminée et s'échappe vers l'extérieur par l'ouverture supérieur. Ce mode d'opération s'appelle l'isolation thermique, a un effet de la diminution d'un gain de la chaleur dans la salle par la cheminée solaire.

La cheminée solaire est utilisée depuis des siècles, particulièrement dans le Moyen-Orient et le Proche-Orient par les Perses, mais également en Europe durant l'Antiquité par les Romains.



Figure II.11 : Queen's building de l'université de Montfort, Leicester

II.6 Paramètres qui influencent sur la cheminée solaire :

II.6.1 Température de l'air:

C'est un paramètre qui a une influence prépondérante sur la quantité d'énergie nécessaire pour maintenir par chauffage ou refroidissement une température d'air intérieure plus confortable que celle de l'extérieur. Techniquement, la température est un caractère thermodynamique de l'air déterminé par le taux d'échauffement et du refroidissement de la surface de la terre, donc elle dépend du rayonnement du soleil qui chauffe la terre le jour et du rayonnement nocturne qui la refroidit la nuit. [15]

II.6.2 Spécificité des parois :

L'intensité du rayonnement solaire, la couleur et l'orientation des parois sont des paramètres importants. À propriétés égales (notamment la perméabilité à la vapeur et l'absorption d'eau), on constate par exemple que plus une paroi est foncée et rugueuse, plus vite elle se chauffe et plus vite elle sèche [16].



Figure II.12 : Couleurs des parois

II.6.3 Humidité de l'air:

L'humidité atmosphérique représente la quantité de vapeur d'eau continue dans l'atmosphère; cette quantité est le résultat de l'évaporation des surfaces des océans, des surfaces humides, de végétation, des petites masses d'eau, les pluies tombent et à partir de sources externes à son impact sur les bâtiments, ainsi que des taux d'humidité élevé (par les institutions des murs ou sous le plancher). [15]

II.6.4 Vitesse de l'air :

La vitesse de l'air (et plus précisément la vitesse relative de l'air par rapport à l'individu) est un paramètre à prendre en considération car elle influence les échanges de chaleur par convection et augmente l'évaporation à la surface de la peau à l'intérieur des bâtiments, on considère généralement que l'impact sur le confort des occupants est négligeable tant que la vitesse de l'air ne dépasse pas 0,2 m/s.

II.6.5 Vent:

Le vent est un facteur climatique important dans la détermination des besoins en énergie d'un bâtiment[17], il influence le taux d'infiltration d'air du bâtiment et une action souvent déterminante dans les transferts de chaleur à la surface des parois des constructions, pour la ventilation des locaux et sur la qualité des espaces extérieurs et intérieurs alors important de connaître ses caractéristiques, sa vitesse moyenne, sa direction et son intensité, Augmentant ainsi leur impact sur les toits des bâtiments[18].

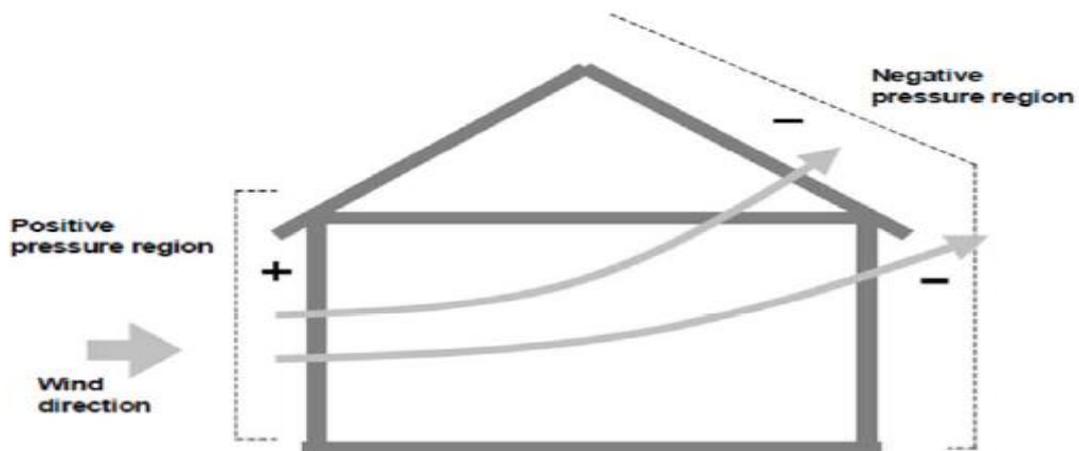


Figure II.13 : Pression du vent sur un bâtiment.

Le flux d'air, fait apparaître une pression sur l'extérieur du mur côté vent (face au vent), tandis qu'une dépression s'installe au en droit du mur sous le vent (derrière l'obstacle). L'air pénètre par les ouvertures de la façade face au vent et ressort dans la zone de dépression en conduit sur toiture ou par les ouvertures de la façade dos au vent. Si le bâtiment se présente avec un angle de 45° par rapport au vent, les surpressions et dépressions sont maximales et favorisent la ventilation.

II.6.6 Inertie thermique:

L'inertie thermique d'un bâtiment est sa capacité à stocker et à restituer de la chaleur. L'inertie thermique d'un espace dépend des caractéristiques des matériaux qui le composent. Selon leur capacité thermique, leur diffusivité et leur effusivité, les parois auront des comportements différents face au rayonnement solaire et à la chaleur. Les matériaux en contact avec l'espace intérieur sont ceux qui auront le plus d'impact (accessibles aux échanges de chaleur).

Combinée à une ventilation permettant la décharge thermique de la chaleur accumulée dans le bâtiment, une inertie élevée permet d'éviter les surchauffes en été et d'atténuer les chutes brusques de température en hiver [16].

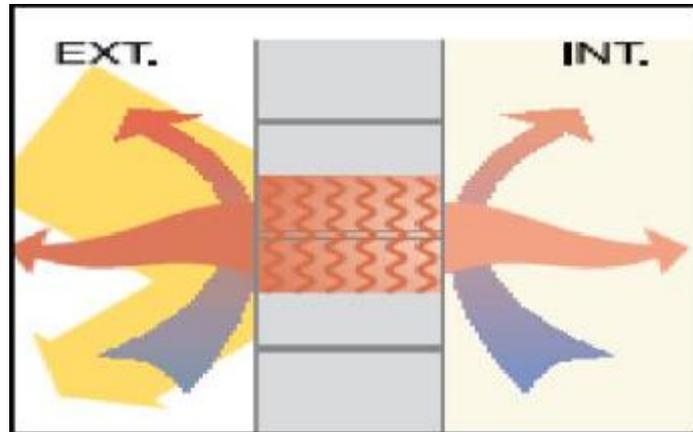


Figure II.14 : Principe de l'inertie thermique

II.6.7 Pression Atmosphérique :

La pression de l'air au pied du bâtiment est également plus importante qu'au niveau de la toiture par différence de pression atmosphérique. Un phénomène d'équilibre de ces pressions provoquera donc un mouvement naturel de l'air.

II.8 : Equations régissantes:

II.8.1 : Equation de continuité :

Considérons un écoulement du fluide traversant un volume de contrôle.

La conservation de la masse dans le volume de contrôle exige que la somme des masses entrantes et sortantes à travers ce volume soit nulle.

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad \text{II.1}$$

II.8.2 : Equation de conservation de quantité de mouvement :

L'équation de la conservation du mouvement à travers le volume de contrôle dit que :

La somme des forces de pression, frottement et de la pesanteur égale au débit net de quantité de mouvement.

- Suivant la direction (x)

$$\rho(v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y}) = \rho F_x - \frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} \right) \quad \text{II.2}$$

- Suivant la direction (y)

$$\rho \left(v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} \right) = \rho F_y - \frac{\partial P}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} \right) \quad \text{II.3}$$

II.8.3 : Equation de l'énergie:

L'équation de conservation de l'énergie à travers le volume de contrôle est donnée par :

$$\rho c_p \left(v_x \frac{\partial T}{\partial x} + v_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) = \lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad \text{II.4}$$

II.9 : Bilan énergétique :

Des équations de bilan énergétique pour les trois parties de la cheminée solaire, la couverture en verre, le flux d'air et l'absorbeur sont déterminées.

II.9.1 : Bilan thermique au niveau de vitrage :

La propriété physique la plus intéressante du verre est qu'il permet de laisser passer le rayonnement solaire et d'arrêter le rayonnement infrarouge d'un émetteur tel que l'absorbeur. Le vitrage absorbe la chaleur provenant du rayonnement solaire et de l'absorbeur. Cette chaleur est perdue par convection avec l'air dans la cheminée et l'air ambiant et par rayonnement vers le ciel.

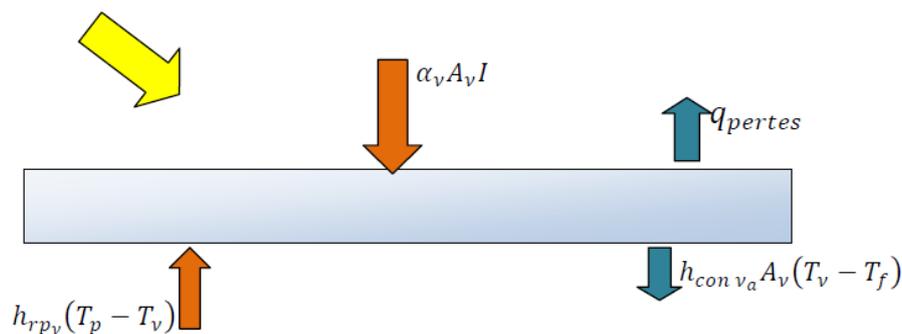


Figure II.15 : Bilan énergétique au niveau de vitrage.

Le rayonnement solaire incident plus le rayonnement réfléchi par l'absorbeur égal à la chaleur par convection de vitrage vers l'air de la cheminée plus les pertes thermiques du vitrage vers l'extérieur.

$$\alpha_v A_v I + h_{rp_v} (T_p - T_v) = h_{con v_a} A_v (T_v - T_f) + \Sigma q_{pertes} \quad \text{II.5}$$

Avec : [19]

$$\Sigma q_{pertes} = U_t A_v (T_v - T_a) \quad \text{II.6}$$

$$U_t = h_{vent} + h_{rv\ ciel} \quad \text{II.7}$$

On peut écrire l'équation (II.5) sous la forme suivante :

$$\begin{aligned} & [h_{rp_v} A_p + h_{con v_a} A_v + (h_{vent} + h_{rv\ ciel}) A_v] T_v - h_{con v_a} A_v T_f - h_{rp_v} A_p T_p \\ & = \alpha_v A_v I + (h_{vent} + h_{rv\ ciel}) A_v T_a \end{aligned} \quad \text{II.8}$$

On pose :

$$a_1 = h_{rp_v} A_p + h_{con v_a} A_v + (h_{vent} + h_{rv\ ciel}) A_v \quad \text{II.9}$$

$$b_1 = -h_{con v_a} A_v \quad \text{II.10}$$

$$c_1 = h_{rp_v} A_p \quad \text{II.11}$$

$$r_1 = \alpha_v A_v I + (h_{vent} + h_{rv\ ciel}) A_v T_a \quad \text{II.12}$$

L'équation (II.5) devient :

$$a_1 T_v + b_1 T_f + c_1 T_p = r_1 \quad \text{II.13}$$

II.9.2 : Bilan énergétique au niveau de l'air qui traverse la cheminée :



Figure II.16 : bilan énergétique au niveau de l'air qui traverse la cheminée

L'air dans la cheminée reçoit des flux convectifs de la part de l'absorbeur et du vitrage. Donc, il se produit un flux convectif au niveau d'air qu'on peut le déterminer par le bilan suivant :

$$h_{con v_a} A_v (T_v - T_f) + h_{con p_a} A_p (T_p - T_f) = q_{conv} \quad \text{II.14}$$

Avec :

$$q_{conv} = \dot{m} C_p (T_{f0} - T_{f1}) \quad \text{II.15}$$

La température moyenne de l'air est évaluée par une pondération entre la température d'entrée d'air, T_{fi} et la température de sortie d'air, T_{f0} de la cheminée. Cette température moyenne peut être évaluée par : [19]

$$T_f = \omega T_{f0} + (1 - \omega) T_{fi} \quad \text{II.16}$$

ω : Facteur de pondération de température moyenne qui vaut généralement 0,74 [20].

On prend : [19]

$$T_{fi} = T_c$$

L'équation devient :

$$T_f = \omega T_{f0} - \omega T_{fi} + T_{fi} \quad \text{II.17}$$

$$\Rightarrow T_{f0} + T_{fi} = \frac{T_f + T_{fi}}{\omega} \quad \text{II.18}$$

Alors :

$$q_{conv} = \dot{m} C_p \frac{T_f + T_c}{\omega} \quad \text{II.19}$$

L'équation (II.14) peut s'écrire sous la forme suivant :

$$(h_{con v_a} A_p) T_v + \left[h_{con v_a} A_v + h_{con p_a} A_p + \frac{\dot{m} C_p}{\omega} \right] T_f + (h_{con p_a} A_p) T_p = - \frac{\dot{m} C_p T_c}{\omega} \quad \text{II.20}$$

On note :

$$a_2 = h_{con v_a} A_v \quad \text{II.21}$$

$$b_2 = h_{con v_a} A_v + h_{con p_a} A_p + \frac{\dot{m} c_p}{\omega} \quad \text{II.22}$$

$$c_2 = h_{con p_a} A_p \quad \text{II.23}$$

$$r_2 = -\frac{\dot{m} c_p T_c}{\omega} \quad \text{II.24}$$

L'équation (II.14) devient :

$$a_2 T_v + b_2 T_f + c_2 T_p = r_1 \quad \text{II.25}$$

II.9.3 : Bilan énergétique au niveau de l'absorbeur :

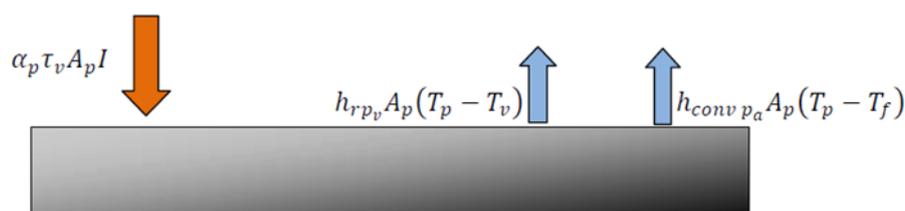


Figure II.17 : bilan énergétique au niveau de l'absorbeur

L'absorbeur absorbe la totalité du rayonnement qui traverse le vitrage, par contre il va la perdre par rayonnement avec le vitrage, et par convection avec l'air circulé dans la cheminée.

$$a_p \tau_v A_p I = h_{rp_v} A_p (T_p - T_v) + h_{con p_a} A_p (T_p - T_f)$$

$$(-h_{rp_v} A_p) T_v + (-h_{con p_a} A_p) T_f + [(h_{rp_v} + h_{con p_a}) A_p] T_p = a_p \tau_v A_p I \quad \text{II.26}$$

On pose :

$$a_3 = -h_{rp_v} A_p \quad \text{II.27}$$

$$b_3 = -h_{con p_a} A_p \quad \text{II.28}$$

$$c_3 = (h_{rp_v} + h_{con p_a}) A_p \quad \text{II.29}$$

$$r_3 = a_p \tau_v A_p I \quad \text{II.30}$$

L'équation (II.26) devient :

$$a_3 T_v + b_3 T_f + c_3 T_p = r_3 \quad \text{II.31}$$

Selon les bilans, on peut former la matrice suivante :

$$\begin{bmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} T_v \\ T_f \\ T_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{pmatrix}$$

La matrice ci-dessus est itérativement résolue. La solution commence par une première estimation pour les températures inconnues, T_v , T_f , et T_p , Puis, la matrice est résolue pour obtenir les températures convergées.

II.10 Corrélation théorique pour calculer les coefficients de transfert thermique :

Le coefficient de transfert radiatif entre deux plaques parallèles peut se calculer à l'aide de l'équation suivante [21] :

$$h_{rp-v} = \frac{\sigma(t_p+t_v)(t_p^2+t_v^2)}{\frac{1-\varepsilon_v}{\varepsilon_v} + \frac{1-\varepsilon_p}{\varepsilon_p} + \frac{1}{F_{P-V}}} \quad \text{II.32}$$

Les équations donnant le coefficient de transfert par convection entre l'air ambiant et une plaque [19] :

$$h_{cv_a} = \frac{Nu \lambda_f}{L_f} (T_v) \quad \text{II.33}$$

$$h_{cp_a} = \frac{Nu \lambda_f}{L_p} (T_p) \quad \text{II.34}$$

L'équation donnant le coefficient de transfert thermique par rayonnement entre le vitrage et le ciel : [21]

$$h_{rv_ciel} = \frac{\sigma \varepsilon_v (T_v + T_{ciel})(T_v^2 + T_{ciel}^2)(T_v - T_{ciel})}{(T_v - T_a)} \quad \text{II.35}$$

L'équation donnant le coefficient de transfert thermique par convection entre le vitrage et l'air ambiant [13] :

$$h_{vent} = 2.8 + V_{vent} \quad \text{II.36}$$

On peut calculer la température du ciel à l'aide de l'équation suivante : [19]

$$T_{ciel} = 0.0552 T_a^{1.5} \quad \text{IV.34}$$

Le débit massique de l'air peut être calculé par la relation suivante : [19]

$$\dot{m} = \frac{c_d \rho_f A_0}{\sqrt{1 + \left(\frac{A_0}{A_1^2}\right)}} \sqrt{2g L_c \sin\theta} \left(\frac{T_f}{T_c} - 1\right) \quad \text{II.37}$$

II.10.1 Taux de renouvellement d'air :

En ventilation naturelle, on définit le taux de changement d'air (ACH), qui indique le nombre de fois en une heure où la totalité du volume d'air d'un espace est renouvelé. Ce dernier est exprimé par le rapport de débit volumique et le volume de la pièce considéré, ce rapport est l'ACH. Cet indice donné par ASHARE comme [22]

$$\text{ACH} = \frac{Q.3600}{\text{le volume totale de chambre}} \quad \text{II.38}$$

II.11. Conclusion

L'efficacité énergétique des bâtiments occupe une place de plus en plus importante dans la société. Afin de réduire la consommation énergétique des bâtiments, l'assurance que donne une parfaite maîtrise d'une technologie doit être pondérée par la prise en compte d'un savoir vernaculaire qu'il s'agit de rendre compatible avec les usages modernes de l'habitat.

La ventilation naturelle est un nouveau potentiel en faveur de l'architecte.

En contrepartie, l'architecte doit introduire la problématique la ventilation dès le début de la conception d'un projet, prenons par exemple la cheminée solaire, travaillons sur le dimensionnement de cette dernière et comment réaliser sa conception en fonctions de ces paramètres.

CHAPITRE III :

Procédure numérique et discussions des
résultats

III.1.Introduction.

L'étude des phénomènes intervenant dans la thermique du bâtiment consiste à étudier le transfert de chaleur par convection thermique. Notre travail se focalise sur la variation des champs thermiques, champs de vitesses et la répartition de la turbulence à l'intérieur de la cavité et de la cheminée solaire, pour comprendre le comportement d'une cheminée solaire pour le système de ventilation, ainsi l'influence des paramètres clés tel que le rayonnement solaire, la largeur de la cheminée ainsi que son inclinaison.

Le calcul numérique est réalisé à l'aide du code de calcul Fluent version. Les équations régissant sont résolues par la méthode des volumes finis pour un écoulement turbulent basé sur le model k- ϵ .

III.2 Description du phénomène.

La configuration des locaux dans nos deux cas sont :

Une cavité simple rectangle (un seul étage) avec un mur comme un obstacle à son intérieur ;

Une cavité complexe de la bibliothèque Science et Technologie (R+3).

La figure (III.1) représente l'emplacement géographique de la bibliothèque, qui se situe à l'extrême nord-ouest de l'université Abderrahmane mira de Bejaïa, fréquenter beaucoup par les étudiants de technologie, elle assure atmosphère d'étude agréable par ces multitudes d'étages, elle possède trois façades, nord, est et ouest.



Figure III.1 – Emplacement géographique de la bibliothèque.

Les phénomènes intervenant dans la thermique du bâtiment, sont :

- Les échanges convectifs: entre les parois et l'air intérieur, et entre les parois et l'air extérieur.
- Les échanges radiatifs: entre le ciel et l'environnement, et entre les parois elles même.
- La réception du flux solaire incident.
- L'écoulement convectif dû à la ventilation (renouvellement d'air) et aux infiltrations.

III.2.1 Paramètres géométriques des locaux étudiés :

- **Cas simple (un étage) :**

$A_1[m]$	$\alpha[^\circ]$	B[m]	W[m]	H[m]	$H_w[m]$
0.75	45	0.50	9	2.80	0.90

Tableau III.1 - Dimensionnement du local étudié cas d'un seul étage.

- **Cas complexe (R+3) :**

$A_1[m]$	$\alpha[^\circ]$	B[m]	W[m]	H[m]	$H_w[m]$
1	60	0.50	9	11.50	0.90

Tableau III.2 - Dimensionnement du local étudié cas R+3.

III.2.2 Hypothèses simplificatrices :

La description physique devient rapidement très compliquée. Il convient donc de faire un certain nombre d'hypothèses, permettant d'arriver à un temps de calcul correct. Le choix est porté sur un domaine bidimensionnel, et les hypothèses utilisées dans ce travail sont:

- L'écoulement est bidimensionnel, et superposé par rapport à l'axe Z.
- L'écoulement permanent ($\frac{\partial}{\partial t} = 0$).
- L'écoulement de l'air est turbulent.
- Le fluide est newtonien et incompressible.
- L'absorbeur et le verre sont toujours parallèles avec une distance fixe

III.3 Procédure numérique :

III.3.1 Construction de la géométrie des cavités étudiées :

- **Cas simple (un étage):**

La figure (III.2) représente les dimensionnements prisent dans le calcul du cas simple (un seul étages).

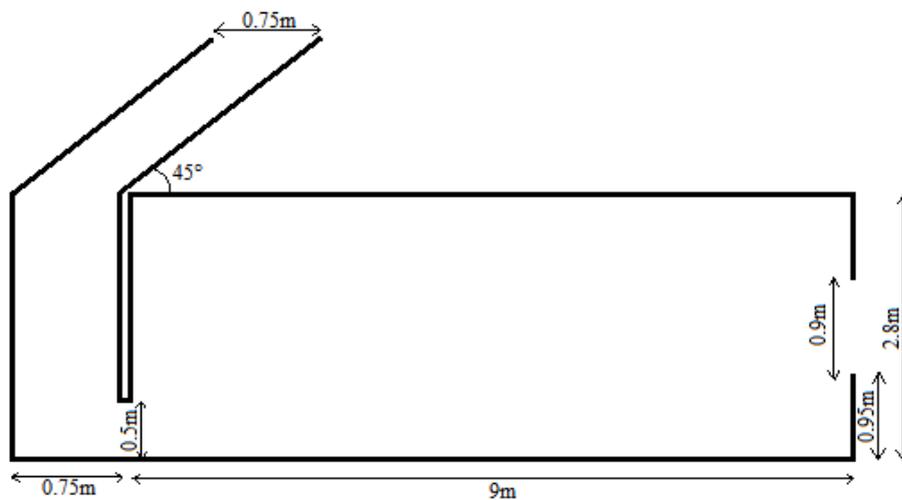


Figure III.2 – Dimensionnement du cas simple (un seul étage).

Pour le cas d'une simple cavité, nous avons une longueur de 9m, et une hauteur de 2.80m, une ouverture (fenêtre) de 0.9m a une hauteur de 0.95m, l'ouverture de l'entrée de la cheminée avec le mur de séparation qui possède une épaisseur de 0.1m est de 0.5m aussi une largeur de cheminée fixe de 0.75m incliner a 45°.

- **cas complexe (R+3) :**

La figure (III.3) représente les dimensionnements du cas complexe de la bibliothèque (R+3).

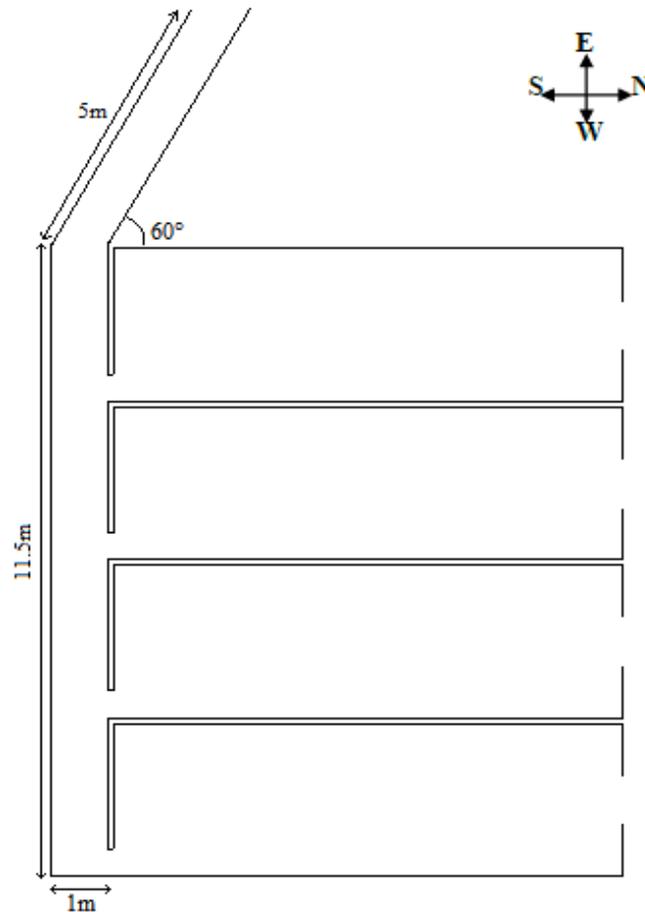


Figure III.3 - Dimensionnement du cas complexe(R+3)

Pour le cas de la cavité complexe, une longueur de 9m, une hauteur de 11.50m divisée sur quatre cavités, chaque une d'entre elles possède une ouverture (fenêtre) pour l'entrée d'air et une cheminée de largeur de 1m cette fois ci incliner à 60° .

III.3.2 Génération du maillage sous GAMBIT :

Pour notre étude, le logiciel Gambit est choisi pour créer le maillage. Il permet de générer un maillage structuré ou non structuré en coordonnées cartésiennes, polaires, cylindriques ou axisymétriques. Il peut réaliser des maillages complexes en deux ou trois dimensions rectangulaires ou triangulaires.

Pour une meilleure précision et une meilleure stabilité, nous avons adopté un maillage quadrilatéral structuré à multi bloc formé de lignes continues à travers le domaine, qui suivent au mieux le contour des surfaces définissant la géométrie. Après des tests de précision, un maillage de 198720 cellules a été adopté pour le cas de la géométrie simple, et 743680 cellules pour le cas de la géométrie complexe.

La figure (III.4) montre l'organigramme des procédures suivies pour la génération d'un maillage sous le logiciel GAMBIT.

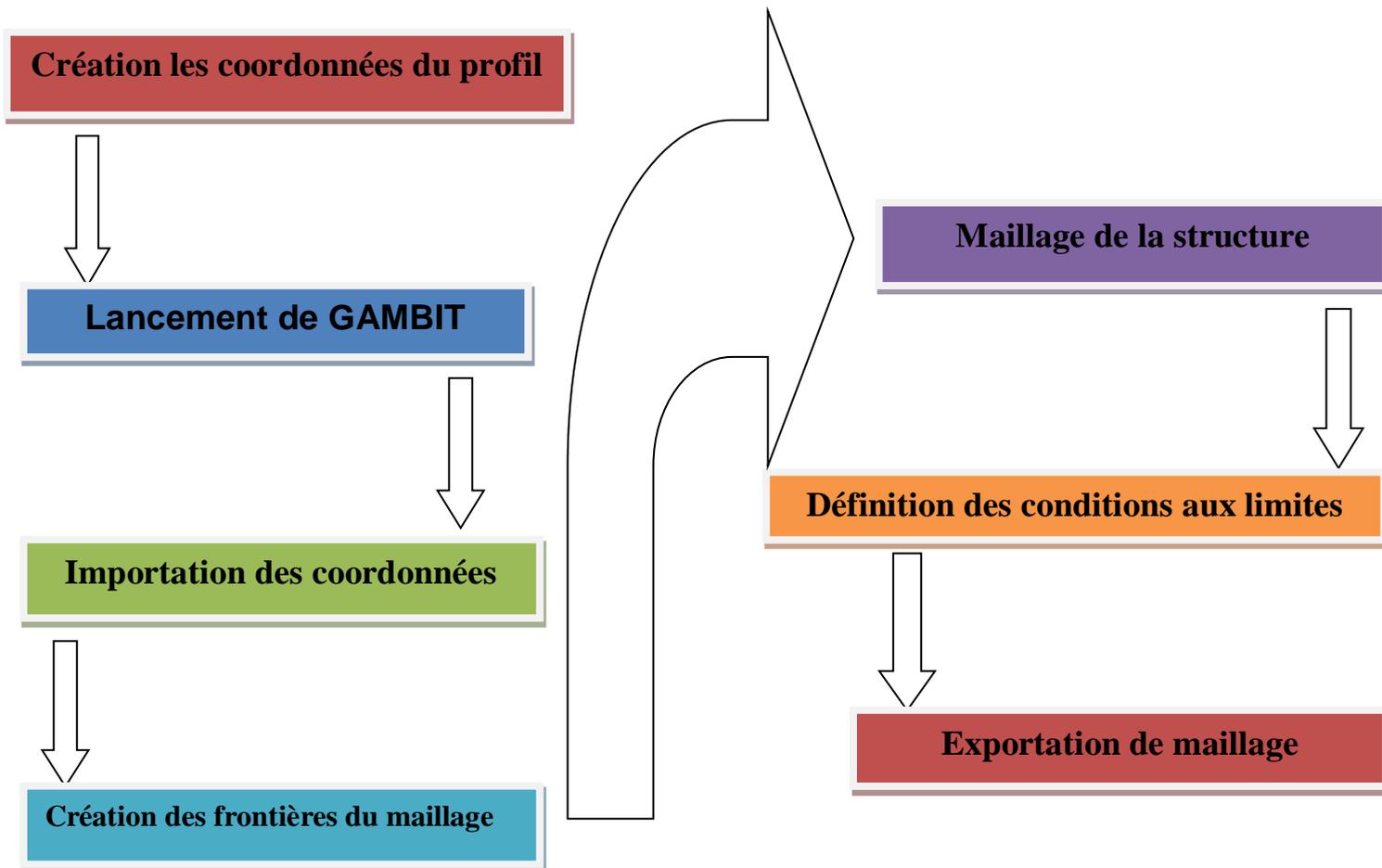


Figure III.4 - Procédures de génération d'un maillage dans le GAMBIT.

- **Cas simple (un étage):**

La figure (III.5) représente le maillage du cas simple (un seul étage) obtenu par le logiciel GAMBIT avec 198720 cellules.

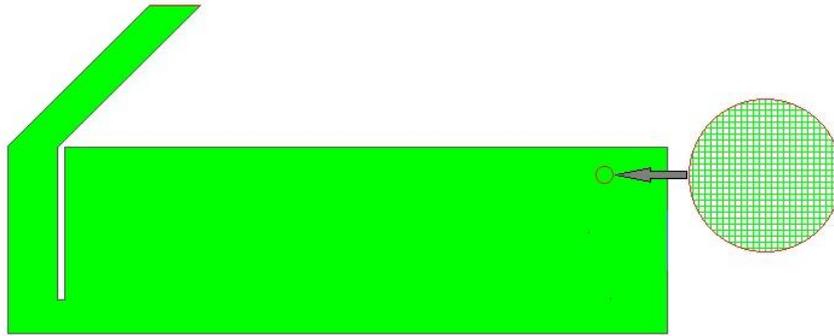


Figure III.5 - Maillage pour le cas simple (un seul étage)

- **Cas complexe(R+3):**

La figure (III.6) montre le maillage exporté du logiciel GAMBIT pour le cas complexe (R+3) qui se caractérise dans la bibliothèque ST et qui comprends 743680 cellules.

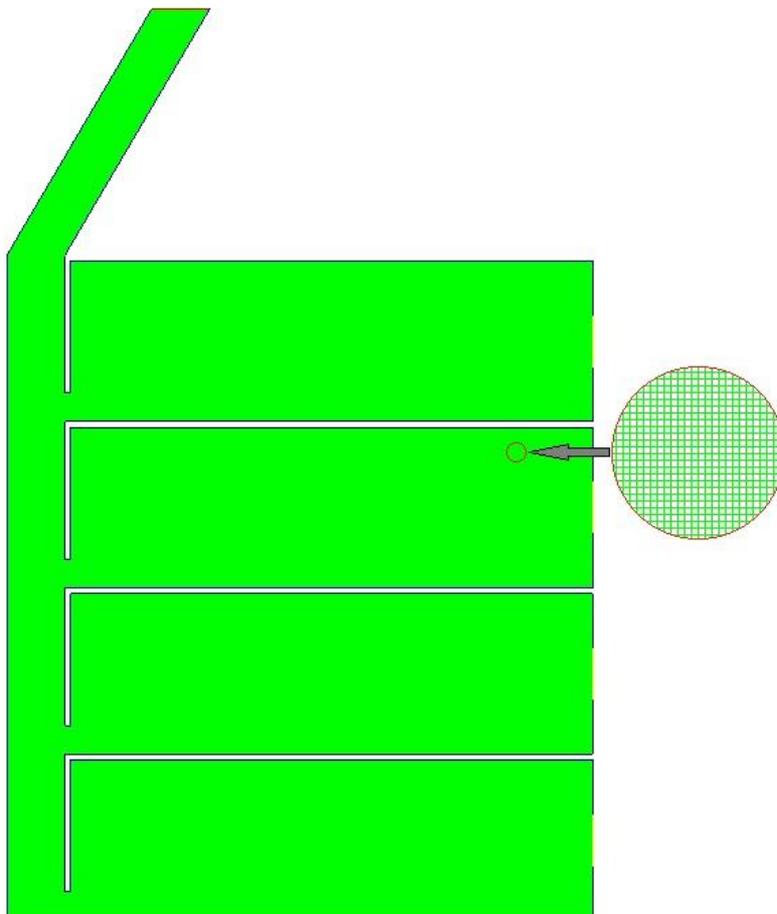


Figure III.6 - Maillage pour le cas complexe (R+3).

III.3.3 Simulation sous Solveur Fluent :

L'interface de FLUENT est relativement simple dans sa prise en main. Il faut commencer par importer un maillage sur lequel travailler. Une fois le maillage en place, on définit les paramètres nécessaires pour le calcul. On choisit le modèle physique du problème, on donne les paramètres initiaux, on règle les conditions initiales et aux limites selon le modèle puis on lance le calcul.

III.3.3.1 Les conditions aux limites :

Cas de référence :

<i>La nature du fluide : l'air</i>					
Intensité [W/m^2]	T_{air} [K]	T_{vitre} [K]	$T_{absorbeure}$ [K]	θ°	e[m]
650	300	305	323	45°	0.75

Tableau III.3 - Conditions aux limites pour le cas de référence.

Cas de variations :

1). On fixe l'angle de l'inclinaison et l'épaisseur de sortie et on fait varier les températures (T_{air} , T_{vitre} , $T_{absorbeure}$) et l'intensité de rayonnement :

Intensité [W/m^2]	T_{air} [K]	T_{vitre} [K]	$T_{absorbeure}$ [K]	θ°	e[m]
500	297	302	315	45	0.75
800	308	315	345	45	0.75

Tableau III.4 - Conditions aux limites pour le cas de variation de l'intensité.

2). On fixe l'intensité de rayonnement et l'épaisseur et on fait varier l'angle inclinaison :

Intensité [W/m^2]	T_{air} [K]	T_{vitre} [K]	$T_{absorbeure}$ [K]	θ°	e[m]
650	300	305	323	60	0.75
650	300	305	323	90	0.75

Tableau III.5 - Conditions aux limites pour le cas de variation de l'inclinaison.

3). On fixe l'angle de l'inclinaison et l'intensité et on fait varier largeur de sortie :

Intensité [W/m ²]	T_{air} [K]	T_{vitre} [K]	$T_{absorbure}$ [K]	θ°	e[m]
650	300	305	323	45	0.5
650	300	305	323	45	1

Tableau III.6 - Conditions aux limites pour le cas de variation de la largeur de la cheminée.

III.3.3.2 Le choix de modèle de turbulence :

Le modèle de turbulence que nous avons utilisé dans le cadre de cette étude est le modèle à deux équations ($k - \varepsilon$). Ce modèle est largement utilisé et donne d'excellents résultats. Il est indispensable de savoir que le modèle $k - \varepsilon$ est applicable aux écoulements à nombre de Reynolds élevé.

Etant une méthode très stable et numériquement robuste, cette méthode est implémentée dans la majorité des codes de calcul commerciaux de CFD (Computational Fluid Dynamics). Ce modèle permet d'étudier convenablement un certain nombre d'écoulements. En conséquence, il n'est applicable que loin des parois.

Enfin, l'application de ce modèle de turbulence dans le cadre de la modélisation des écoulements internes a donné des résultats intéressants en ce qui concerne la prédiction du profil d'écoulement.

III.4 Discussion des résultats numériques obtenus dans le cas simple :

III.4.1 Cas de référence :

Dans cette partie on va présenter les résultats obtenus de la résolution numérique effectuée par le code de calcul Fluent qui a été élaboré pour résoudre le système d'équations des bilans énergétiques pour les différents composants de la cheminée solaire afin de trouver les répartitions des champs dynamique et thermique.

a) Champs de vitesses :

La figure (III.7) montre le champ de vitesse pour le cas simple avec une inclinaison de 45° , de 0.75m de largeur et de 650W/m^2 d'intensité solaire.

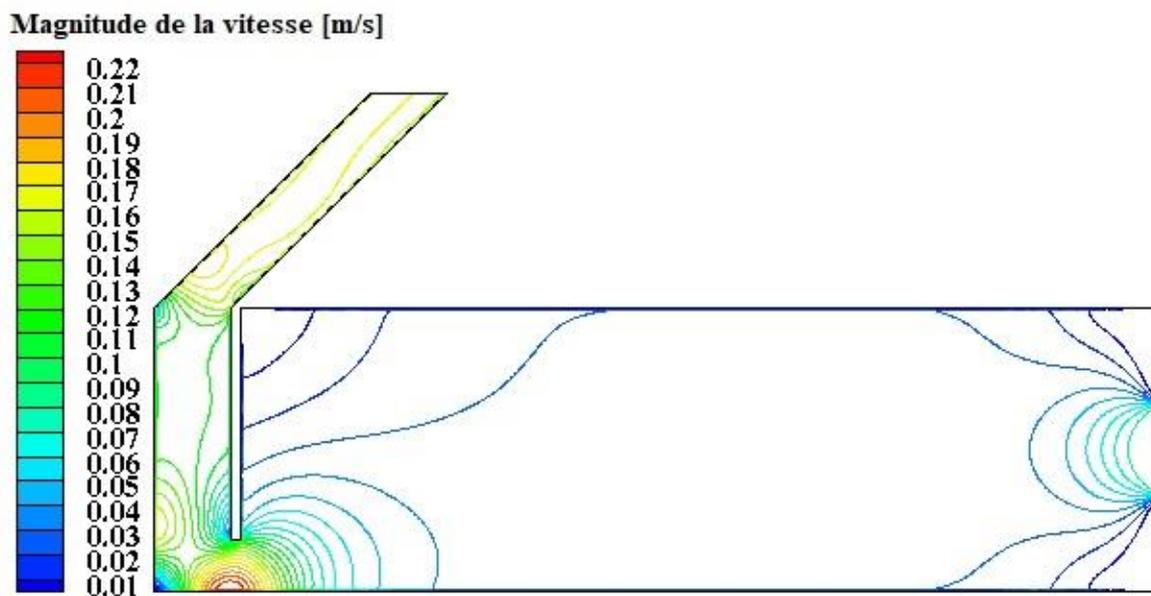


Figure III.7 - Champ de vitesse pour le cas simple avec une inclinaison de 45° , de 0.75m de largeur et de 650W/m^2 d'intensité solaire.

Ces lignes représentent la distribution de champs de vitesse avec un angle de 45° et 650W/m^2 d'intensité on constate que la vitesse d'air augmente légèrement à la sortie avec un écart de 0.08m/s cela est dû à l'écart de température.

b) Champs de température :

La figure (III.8) représente la répartition de la température pour le cas simple avec une inclinaison de 45°, de 0.75m de largeur et de 650W/m² d'intensité solaire.

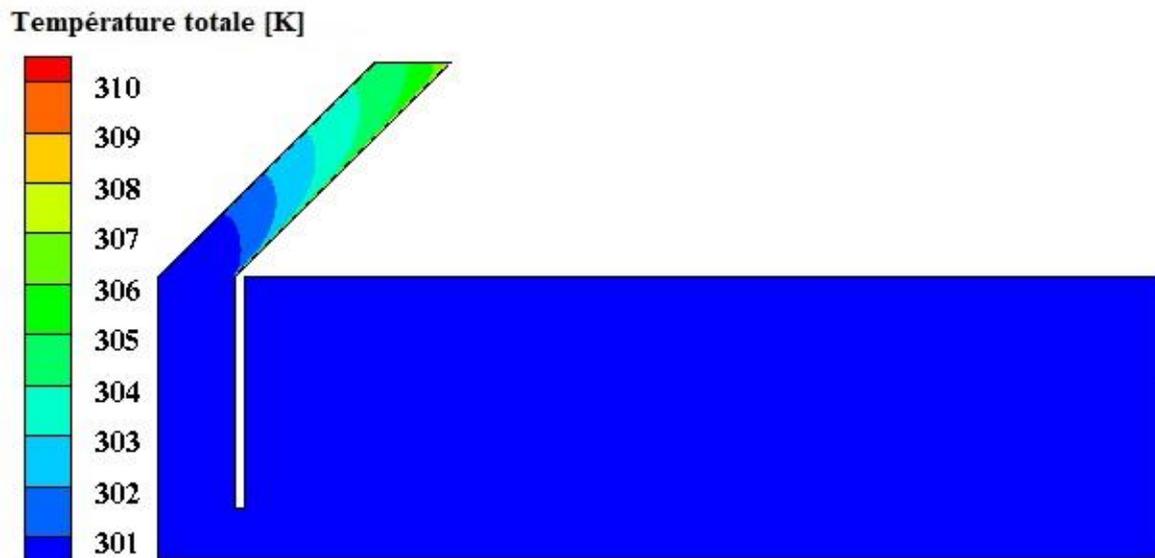


Figure III.8 – Température pour le cas simple avec une inclinaison de 45°, de 0.75m de largeur et de 650W/m² d'intensité solaire.

On remarque que la température de l'absorbeur est plus considérable si on la compare avec celle du vitrage et du fluide (air) et elle sort avec une température $T_s = 307K$

III.4.2 Influence de l'angle de l'inclinaison :**a) Champs de vitesses :**

Les figures (III.9) et (III.10) nous montre les nouveaux champs de vitesses pour les inclinaisons à 60° et 90° respectivement.

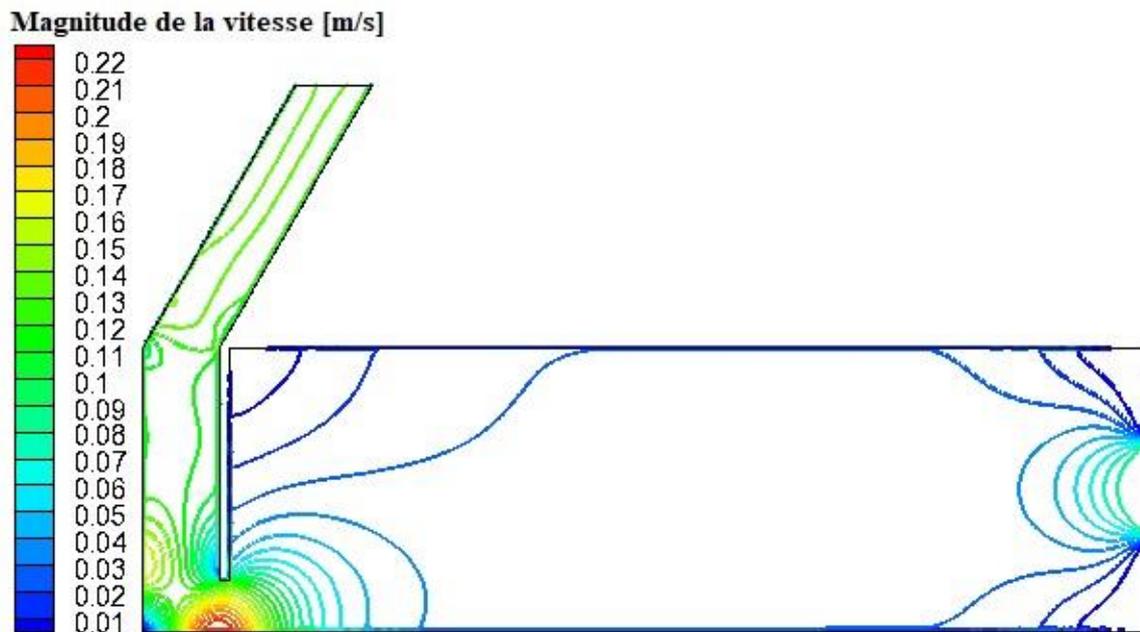


Figure III.9 – Champ de vitesse pour une inclinaison de 60°.

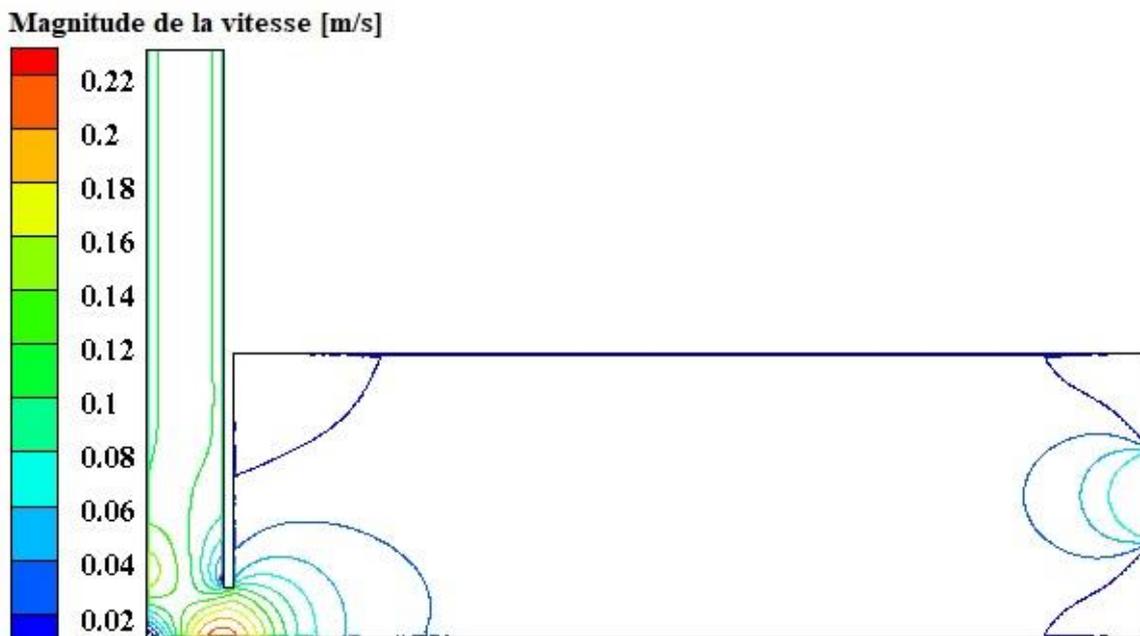


Figure III.10- Champ de vitesse pour une inclinaison de 90°.

La vitesse de sortie de l'air augmente au fur et à mesure que l'angle d'inclinaison augmente, cette vitesse aidera à aspirer de l'air plus frais de l'extérieur.

b) Champs de température :

Les figures (III.11) et (III.12) nous montre les nouvelles répartitions de températures pour les inclinaisons à 60° et 90° respectivement.

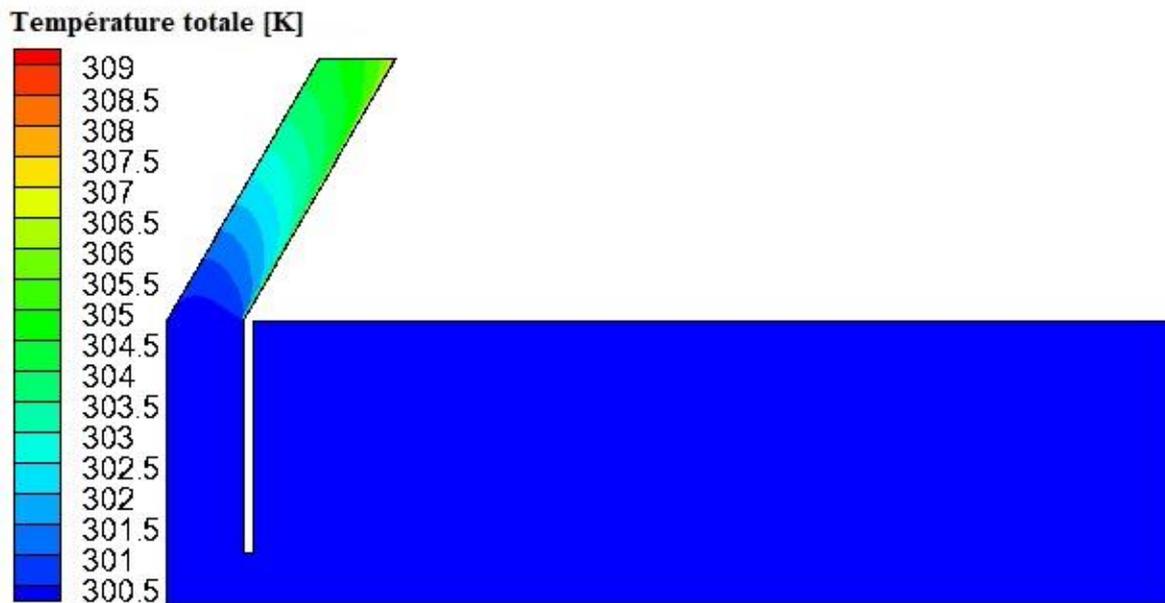


Figure III.11- Température pour une inclinaison de 60° .

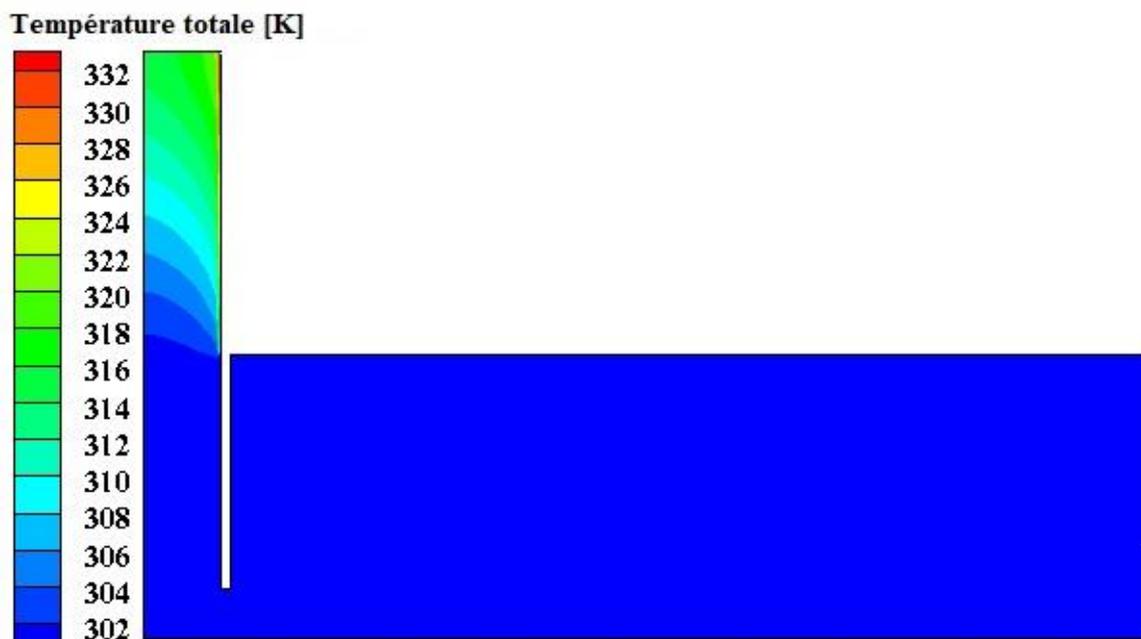


Figure III.12 - Température pour une inclinaison de 90° .

Pour une valeur constante d'intensité solaire et de largeur de cheminée on remarque que l'inclinaison influe sur les températures de la cheminée, l'absorbeur et la vitre.

L'influence de l'inclinaison sur la température d'air qui traverse la cheminée est faible, puisque la cheminée possède deux ouvertures, une entrée qui se caractérise en tant qu'une fenêtre et une sortie.

III.4.3 Influence de l'intensité :

a) Champs de vitesse :

Les deux figures (III.13) et (III.14) montrent le champ de vitesse pour une intensité de 500W/m^2 et 800W/m^2 respectivement.

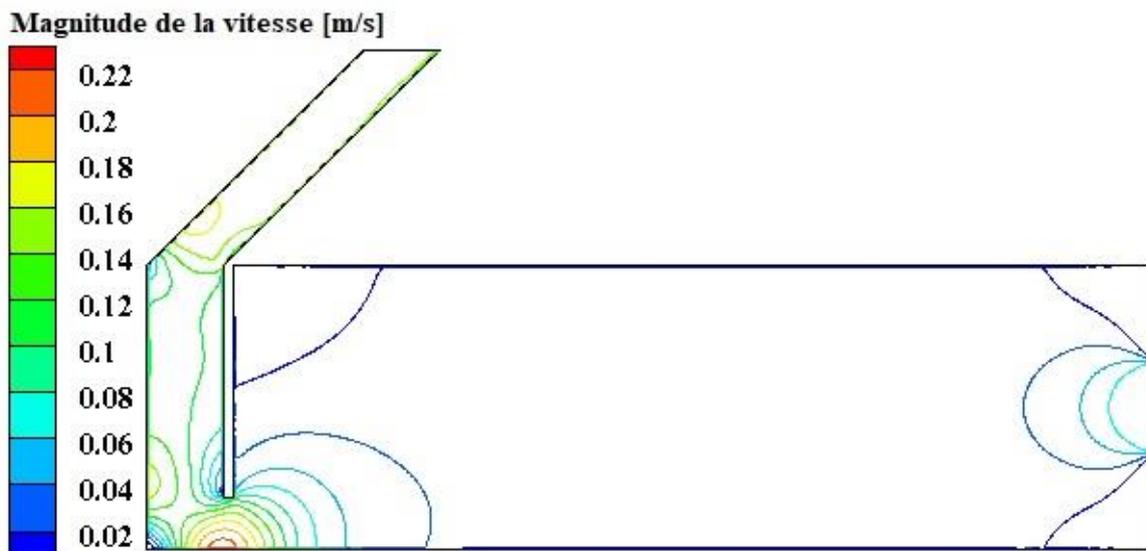


Figure III.13 - Champ de vitesse pour une intensité de 500W/m^2 .

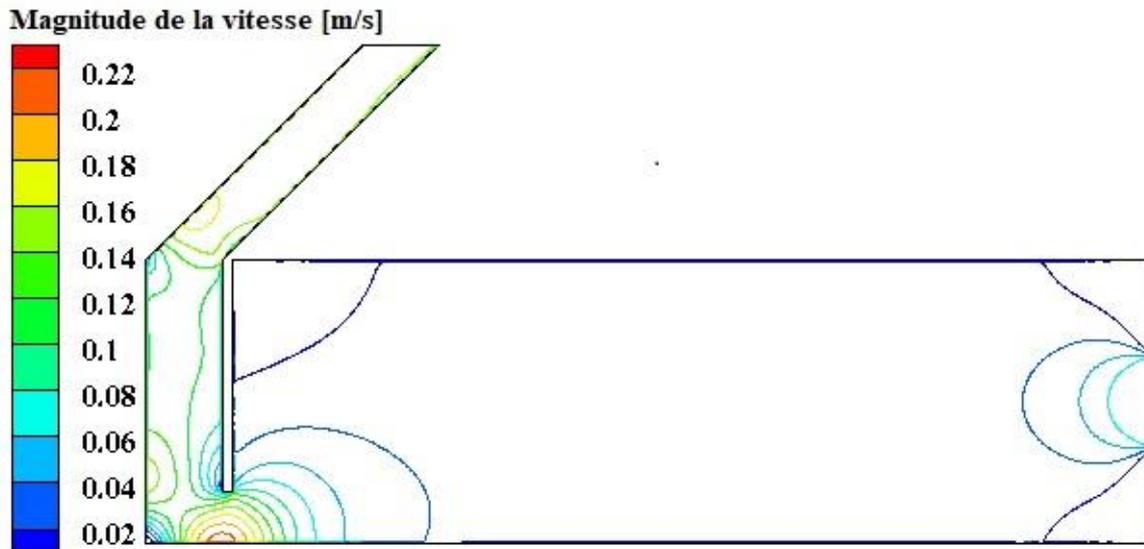


Figure III.14 - Champ de vitesse pour une intensité de 800W/m^2 .

Pour une cheminée solaire à un angle d'inclinaison de 45° et de 0.75m de largeur, à différentes intensités $500, 650, 800\text{W/m}^2$. L'amélioration de la vitesse d'air au fur et à mesure que l'intensité augmente, l'augmentation d'énergie absorbée par l'absorbeur provoque l'accélération de l'air conduisant à un meilleur renouvellement.

La vitesse d'air augmente entre 500 et 650W/m^2 , par contre l'influence de l'intensité solaire de 650W/m^2 devient plus faible sur cette vitesse.

b) Champs de température :

Les deux figures (III.13) et (III.14) montrent les répartitions de températures pour une intensité de 500W/m^2 et 800W/m^2 respectivement.

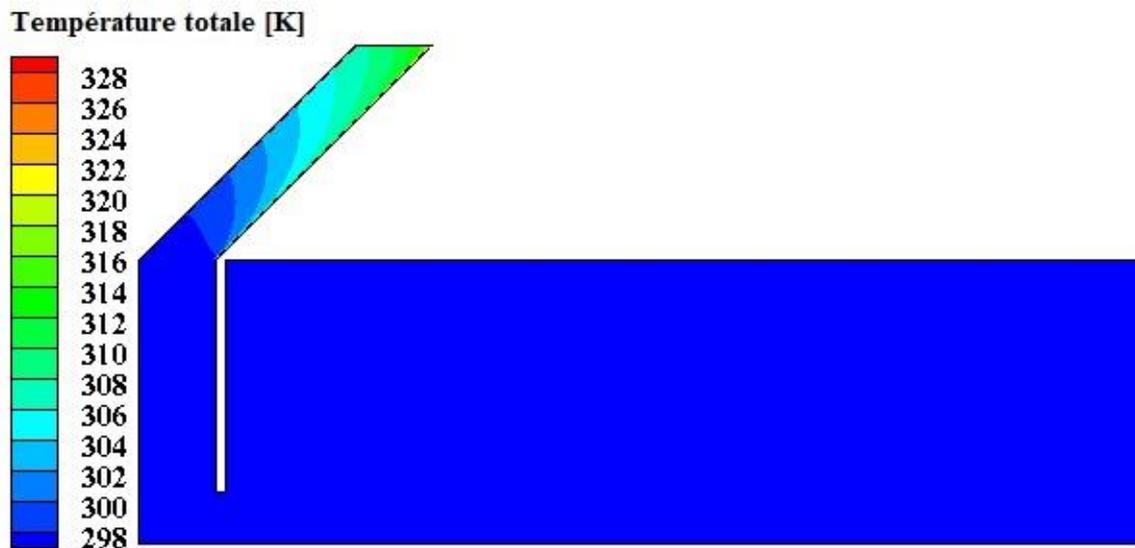


Figure III.15 - Température pour une intensité de 500W/m^2 .

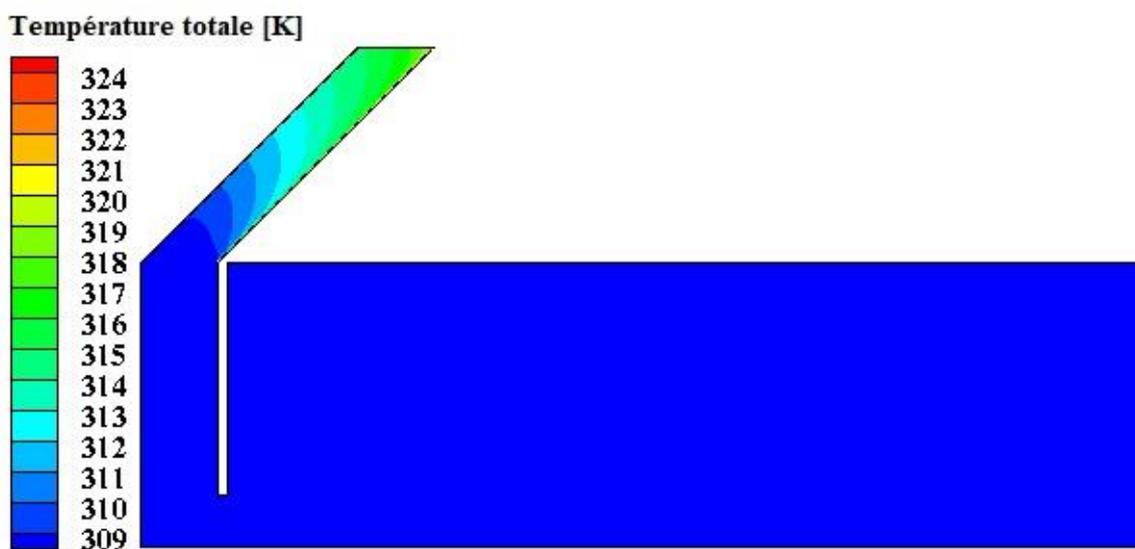


Figure III.16 - Température pour une intensité de 800W/m^2 .

On peut constater que la température de l'absorbeur est la plus importante et qu'elle augmente avec l'augmentation de l'intensité du rayonnement solaire.

III.4.4 Influence de la largeur de la cheminée :

a) Champs de vitesse :

Les figures (III.17) et (III.18) représentent les champs de vitesses pour des largeurs respectivement de 0.5m et 1m.

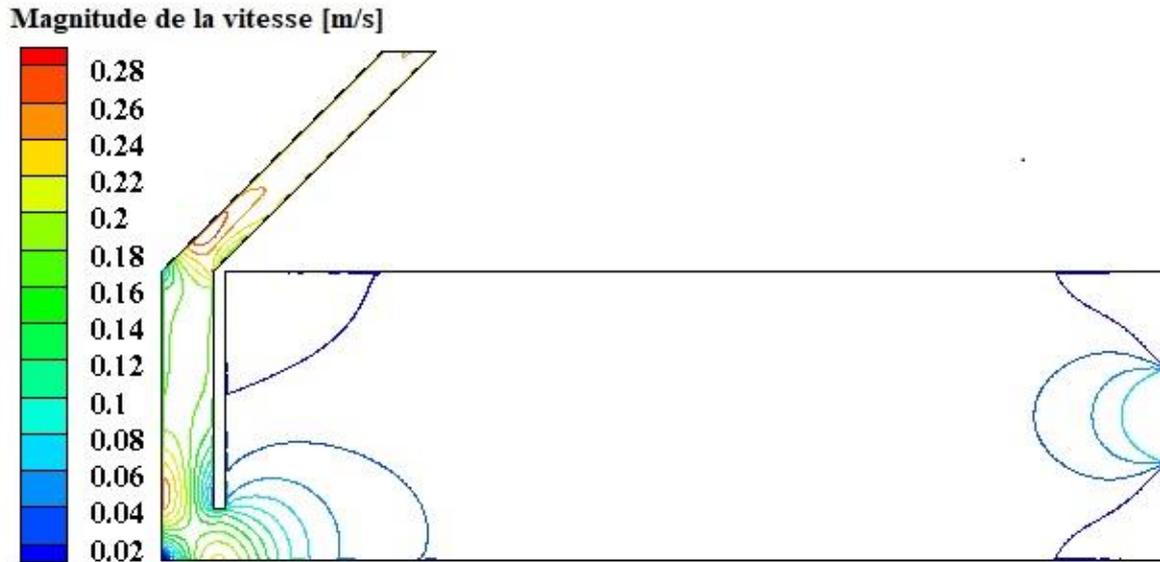


Figure 2 - Champ de vitesse pour une largeur de 0.5m.

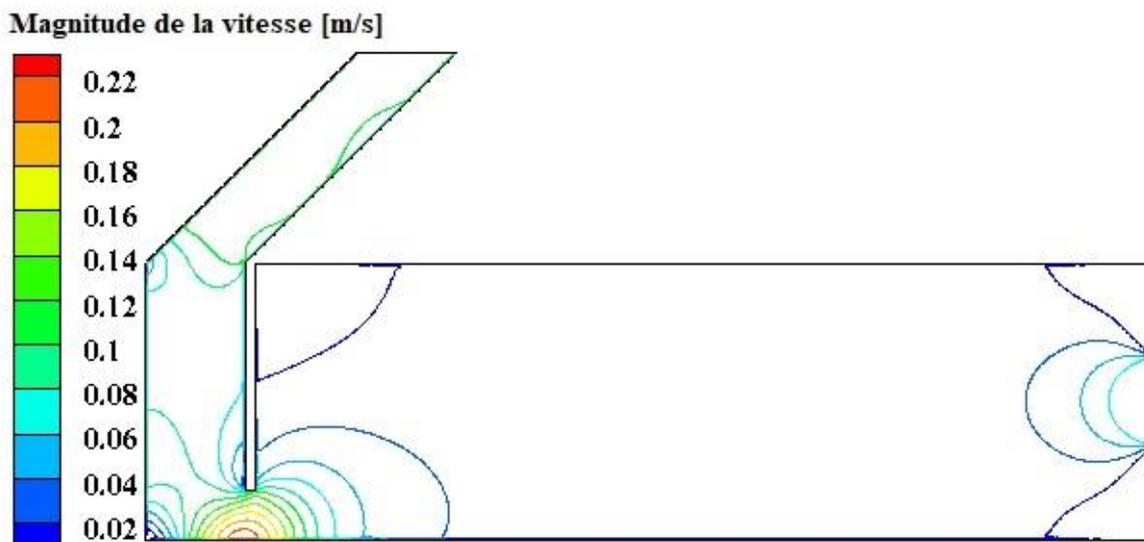


Figure III.18 - Champ de vitesse pour une largeur de 1m.

On remarque que dans le cas où la largeur de la cheminée 0.5m la vitesse de l'air atteint une vitesse maximale de 0.26 m/s avec un écart de 0.08m/s avec le cas de 0.75m, nés au moins cette grande vitesse à la sortie crée des vortex importants l'un d'entre eux est à l'entrée de la cheminée et l'autre à l'entrée de la section inclinée, d'autre part la cheminée de 1m de largeur nous procure une vitesse de sortie légèrement inférieure de 0.16m/s et l'absence de vortex considérable sert l'augmentation de la largeur de la cheminée démine la vitesse de sortie mais aussi les vortex à l'intérieur de la cheminée.

b) Champs de température :

Les figures (III.19) et (III.20) montrent la répartition de température pour des largeurs respectivement de 0.5m et 1m.

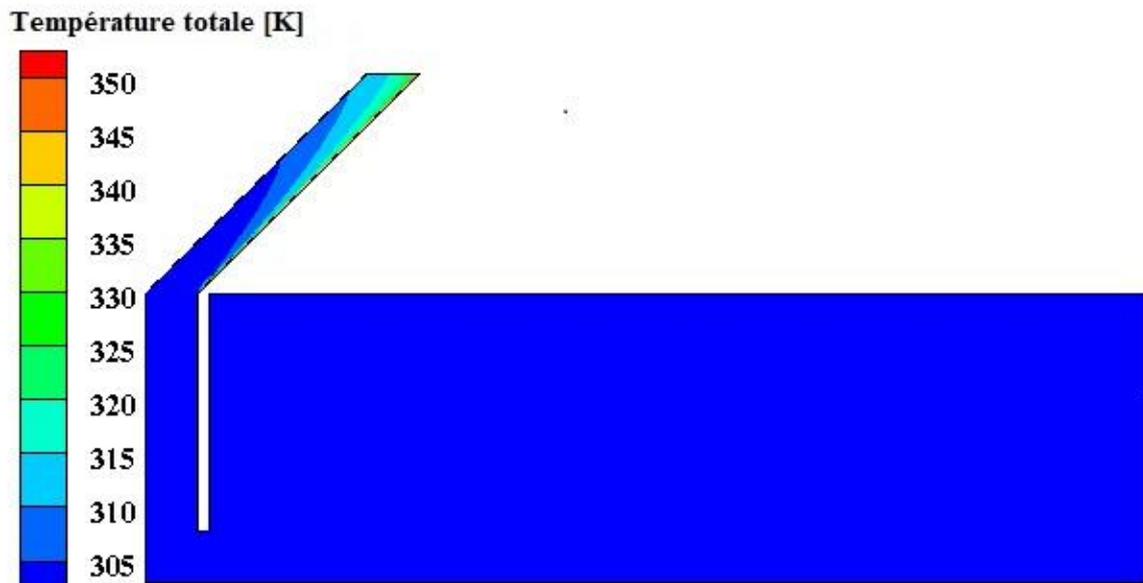


Figure III.19 - Température pour une largeur de 0.5m.

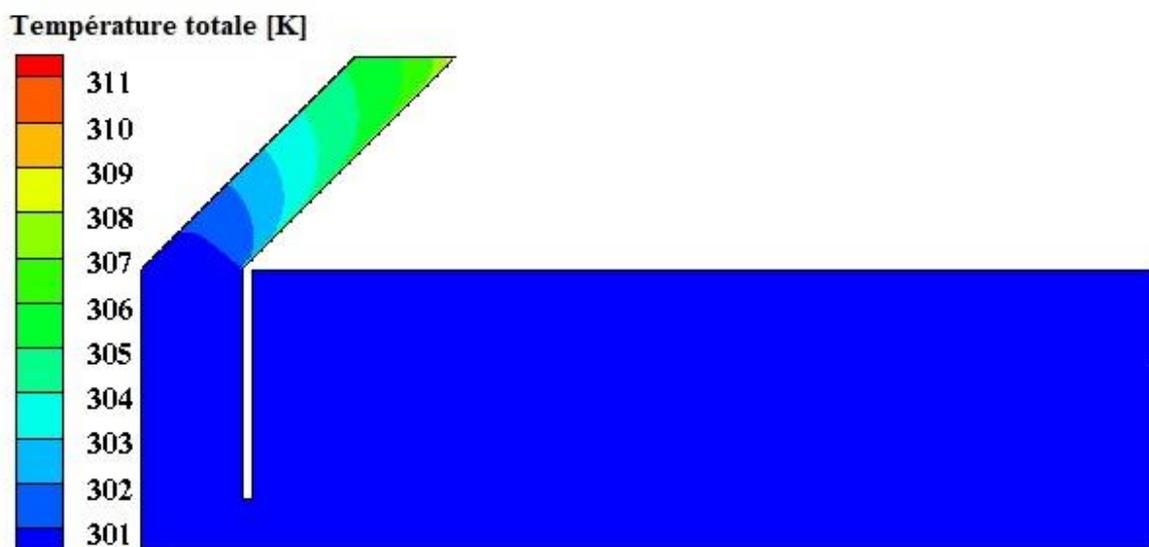


Figure III.20 - Température pour une largeur de 1m.

Les résultats obtenus nous montre dans cette étude la différence de températures situées à la sortie de la cheminée a (0.5m et 1m), qui se valorisent de 325K et de 308K, aussi de 306K a

0.75m de là on dit qu'avec l'augmentation de la largeur de la cheminée et éloignement de la vitre par rapport à l'absorbeur influence sur la température de sortie.

III.5 Discussion des résultats numériques obtenus dans le cas R+3 (cas complexe) :

a) Champs de vitesse :

La figure (III.21) nous montre la répartition du champ de vitesse dans la cavité complexe (R+3) avec une largeur de 1m, une inclinaison de 60° et avec une intensité solaire de 650W/m^2 .

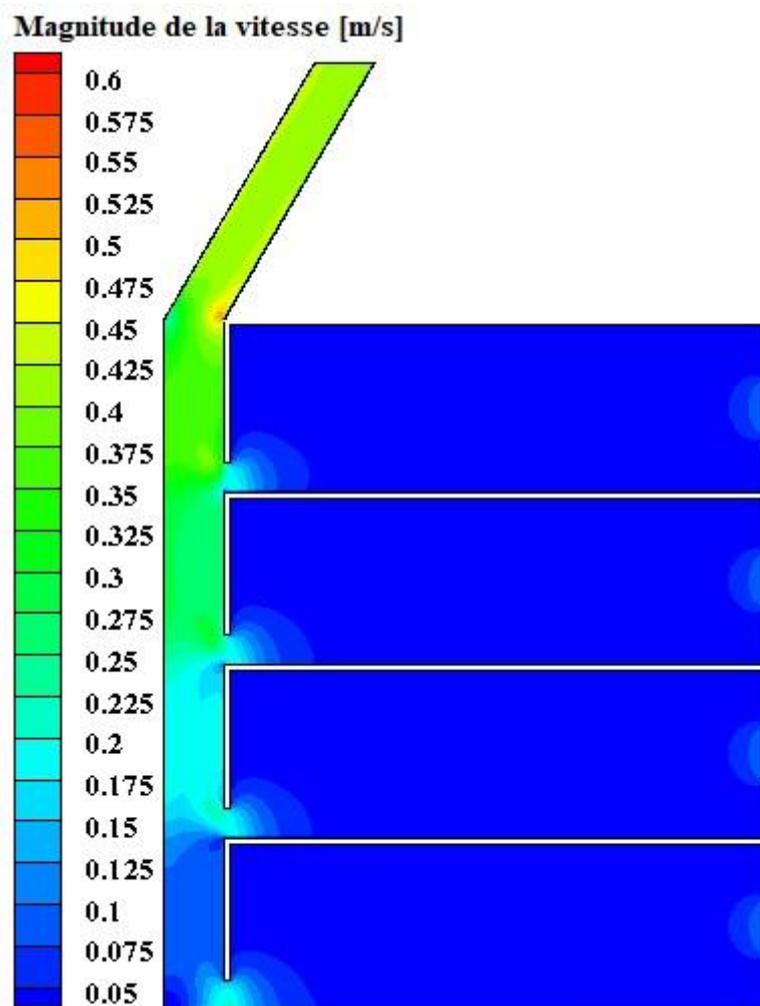


Figure III.21 - répartition du champ de vitesse dans la cavité complexe (R+3).

La figure (III.21) nous montre la répartition du champ de vitesse dans la bibliothèque, avec l'adoption des paramètres suivant : une intensité solaire de 650W/m^2 qui procure une énergie importante au fluide et à l'absorbeur, une inclinaison de 60° qui assure une vitesse de sortie d'air de 0.425m/s , une largeur de 1m qui garantit un écoulement unique vers la sortie de la

cheminée et ainsi d'évité la pénétration de l'air montant par les entrées d'air des étages supérieurs.

b) Champs de température :

La figure (III.22) représente la répartition la température dans la cavité complexe (R+3) avec une largeur de 1m, une inclinaison de 60° et avec une intensité solaire de 650W/m^2 .

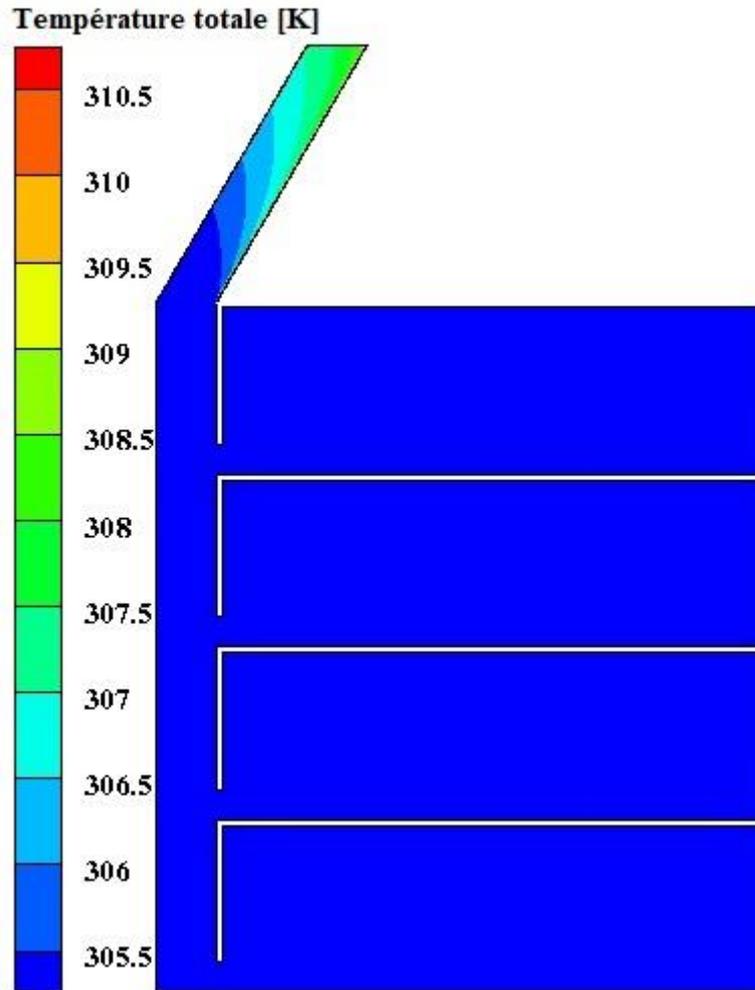


Figure III.22 - Répartition de la température dans la cavité complexe (R+3).

La figure (III.22) représente la distribution du champ de température pour une largeur de 1m, une intensité de 650W/m^2 et une inclinaison de 60° , on peut constater qu'avec cette inclinaison (60°) et cette intensité importante (650W/m^2) la température du vitrage est plus basse que la température de l'absorbeur puisque ce dernier absorbe la grande partie du rayonnement solaire, par contre la vitre a une faible absorptivité.

Conclusion Générale

Conclusion générale :

Dans ce présent travail, on a étudié les performances de la cheminée solaire pour la ventilation et le rafraichissement des locaux (la bibliothèque ST). Par conséquent développer une méthodologie d'analyse de fonctionnement d'une cheminée solaire introduite dans une enceinte et de déterminer l'influence de l'épaisseur, de l'inclinaison et de l'intensité du rayonnement solaire qui assurent le renouvellement important d'air.

L'objectif est d'étudier, à partir de la simulation numérique, le phénomène de la convection naturelle en régime turbulent d'une pièce munie d'une cheminée solaire. Afin d'atteindre l'objectif désiré une simulation numérique de l'écoulement convectif a été effectuée avec le code de calcul Fluent pour visualiser les différents phénomènes qui permet la résolution des équations de conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie et de présenter les résultats et leurs interprétations détaillés, comme le champ de température et du mouvement d'air pour différentes géométries du local.

Nous avons mené en premier lieu, le contexte énergétique national et surtout la consommation de l'énergie dans le secteur du bâtiment afin de comprendre le comportement thermique de la structure du bâtiment.

En second lieu, on développe les connaissances sur la notion générale du confort et de la ventilation naturelle avec une classification des différents systèmes adaptés pour la climatisation qui comporte une description du modèle étudié, et il donne une formulation mathématique des équations qui régissent l'écoulement du fluide en régime turbulent et les résoudre par le code de calcul Fluent et d'étudier le comportement d'une cheminée solaire.

En troisième lieu, on a suivi une procédure par le code Fluent. On s'intéresse à la ventilation et le rafraichissement naturel par les cheminées solaires inclinées, Il permet la résolution des équations de conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie et de présenter les résultats et leurs interprétations détaillés, comme le champ de température et du mouvement d'air pour différentes géométries du local. Afin de faire une comparaison entre les contours de température et entre les champs de la vitesse d'air pour des épaisseurs, angles d'inclinaison et intensités du rayonnement différentes de la cheminée.

Cette étude nous a permis de tirer de multiples conclusions.

- Les résultats de nos simulations numériques montrent que l'écoulement d'air augmente d'une façon linéaire avec l'augmentation du rayonnement solaire, en raison du stockage de l'énergie thermique par l'absorbeur qui provoque l'accélération d'air.

Conclusion Générale

- La vitesse d'air qui traverse la cheminée augmente avec l'augmentation du rayonnement solaire.
- L'augmentation de l'épaisseur de lame d'air joue un rôle très important et augmente significativement la vitesse de sortie l'air sortant de la cheminée.
- Cette étude montre qu'il est préférable d'avoir un angle d'inclinaison 45° , car les grands angles, provoquent un phénomène de retour de la chaleur vers la chambre.

Les calculs numériques sont effectués pour des géométries différentes du local (cas simple et cas complexe), pour différentes positions et largeurs de la cheminée, différents angles d'inclinaison et avec des différentes valeurs du rayonnement solaire.

Références :

- [1] L'énergie solaire thermique, usages résidentiel et collectif.
- [2] Ministère de l'Énergie, Bilan énergétique national Algérie.
- [3] Amina Ouled-Henia, Choix climatiques et construction. Zones arides et semi arides. Maison à Bou-Saada, Thèse doctorat, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, (2003).
- [4] D.Medjelekh, Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment cas de l'habitation de l'époque coloniale à Guelma, mémoire de magister, l'université Mentouri de Constantine, (2006).
- [5] Benzaoui Amel, le processus de création d'un habitat individuel de qualité cas de la ville d'ain beida, Mémoire de magister, université badji mokhtar –Annaba, 2012
- [6]<https://fr.weatherspark.com/y/51518/M%C3%A9t%C3%A9o-habituelle-%C3%A0B%C3%A9ja%C3%AFa-Alg%C3%A9rie> , 23-05-2019
- [7] DE HERDE A., "Le manuel du responsable énergie - L'utilisation rationnelle de l'énergie dans le tertiaire", MRW (DGTRE) - UCL, 1992.
- [8] cour BTS F.E.D De La Salle Castres «Transfert thermique. La convection ».
Lien : <http://www.delasallecastres.fr/index.php/fr/enseignement-superieur-bts/btsfluides-energies-domotique>
- BP, 2014.** Statistical Review of World Energy June 2014, 63rd edition. Ghedamsi,R.
- (2015). Estimating the energy consumption in building sector in Algeria using bottom-up mode, Renewable Energy Congress (IREC), 2015 6th International, Sousse, Publisher: IEEE, DOI:10.1109/IREC.2015.7110942.
- [9] Akchiche Zineb, étude de comportement d'une cheminée solaire en vue de l'isolation thermique, Mémoire de magister, Université Kasdi Merbah Ouargla , 2011
- [10] Saifi Nadia, thèse de doctorat ' contribution a la conception des bâtiments a faible consommation d'énergie dans les zones arides' Université Kasdi Merbah Ouargla , 2016.
- [11] <https://www.energiepluslesite.be/index.php?id=10853#c6544+c6545+c20973503+c6546>, 25-05-2019
- [12] Alain Liébard, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, édition Le Moniteur. (2005).
- [13] Guohui Gan. Simulation of buoyancy-induced flow in open cavities for natural ventilation. Energy and Buildings 38 (2006) pp 410–420.
- [14] T. Miyazaki, A. Akisawa, T. Kashiwagi, The effects of solar chimneys on thermal

Load mitigation of office buildings under the Japanese climate, *Renewable Energy*, vol. 31, pp.987–1010, (2006).

[15] Ahmed Ali Ep. Ait Kadi Salima*, Performances thermiques du matériau terre pour un habitat durable des régions arides et semi-arides : cas de Timimoune, Mémoire de magister, Université

Mouloud Mammeri – tizi ousou, 2012.

[16] GUIDE ISOLIN, isolation thermique par l'intérieur des murs existants en briques pleines, avril 2011.

[17] Sigrid Reiter, Thèse De Doctorat 'Conception Des Ambiances Urbaines,

[18] Mer Mazari Mohammed, Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments a caractère public : Cas du département d'Architecture de Tamda, (Tizi -Ouzou), **Mémoire** de magister, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Septembre 2012.

[19] Ramadan Bassiouny, Nader S.A. Korah. Effect of solar chimney inclination angle on Space flow pattern and ventilation rate. *Energy and Buildings* 41 (2009) pp 190–196.

[20] G. Gan, S.B. Riffat. A numerical study of solar chimney for natural ventilation of Buildings with heat recovery. *Applied Thermal Engineering* 18 (1998) pp 1171-1187

[21] Ramadan Bassiouny, Nader S.A. Koura. An analytical and numerical study of solar Chimney use for room natural ventilation. *Energy and Buildings* 40 (2008) pp 865–873.

[22] Qualité de l'air intérieur : synthèse et analyse prospective de travaux réalisés dans le cadre du GPqA, F. Allard, A.L. Tiffonnet, m. Abadie, P. Blondeau. *Techniques de l'ingénieur*, 2004

Résumé :

Au-delà du cadre réglementaire, la transition énergétique offre aux collectivités, de nouvelles opportunités, la réduction de la consommation finale d'énergie, la diminution des rejets de gaz à effet de serre la baisse de la facture énergétique sont autant d'occasions pour déployé des projets et des locaux compétitifs et innovants avec une nouvelle conception, la cheminée solaire est l'un des systèmes de ventilation naturelle permettant de stocker une quantité d'énergie solaire qui contribue à l'augmentation de température d'une colonne adjacente d'air et en conséquence son écoulement vers l'extérieur entraînant un rafraîchissement dans l'espace. À fin de prédire le comportement et l'influence de certains paramètres clés sur l'écoulement relatif, nous étudions un local situé dans l'université de Bejaia en le liant avec une cheminée solaire, une simulation numérique sera réalisée en utilisant le code de calcul Fluent.

Il était conclu que l'écoulement d'air augmente avec l'augmentation de rayonnement solaire. En revanche, il y avait une largeur et une inclinaison optimales au-delà desquelles la vitesse d'air a augmentée.

Mots clés : ventilation naturelle, cheminée solaire, simulation numérique.

ملخص

إلى جانب الإطار التنظيمي، يوفر انتقال الطاقة للسلطات المحلية فرصًا جديدة، وخفض الاستهلاك النهائي للطاقة، وخفض انبعاثات غازات الدفيئة، وخفض فاتورة الطاقة. المشاريع والمباني المنشورة تنافسية ومبتكرة مع تصميم جديد، المداخن الشمسية هي واحدة من أنظمة التهوية الطبيعية لتخزين كمية من الطاقة الشمسية التي تساهم في زيادة درجة حرارة عمود مجاور من الهواء وبالتالي تدفقه إلى الخارج مما تسبب في التبريد في الفضاء. من أجل التنبؤ بسلوك وتأثير بعض المعلمات الرئيسية على التدفق النسبي، ندرس شخصًا محليًا يقع في جامعة بجاية عن طريق ربطه بالمداخن الشمسية، وسيتم إجراء محاكاة رقمية باستخدام رمز الحساب fluent.

وخلص إلى أن تدفق الهواء يزيد مع زيادة الإشعاع الشمسي. من ناحية أخرى، كان هناك عرض وميل مثاليان زادت بعده سرعة الهواء.

الكلمات المفتاحية: التهوية الطبيعية، المداخن الشمسية، المحاكاة العددية.

Abstract :

Beyond the regulatory framework, the energy transition offers communities new opportunities, the reduction of final energy consumption, the reduction of greenhouse gas emissions, the reduction of the energy bill are all opportunities for Deployed projects and premises competitive and innovative with a new design, the solar chimney is one of the natural ventilation systems to store a quantity of solar energy that contributes to the temperature increase of an adjacent column of air and consequently its flow outward causing a cooling in the space. In order to predict the behavior and the influence of certain key parameters on the relative flow, we study a local located in the University of Bejaia by linking it with a solar chimney, a numerical simulation will be realized using the code of computation fluent.

It was concluded that airflow increases with increasing solar radiation. On the other hand, there was an optimum width and inclination beyond which the air velocity increased.

Key words: natural ventilation, solar chimney, numerical simulation.