

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

FACULTÉ DES MATHÉMATIQUES ET  
SCIENCE DE LA MATIÈRE



DEPARTEMENT DE PHYSIQUE

MEMOIRE DE MASTER ACADYMIQUE

Filière : Physique

Option : Physique Météorologique

Présenté par : KABDI Meymouna & Nili Tibra

Thème

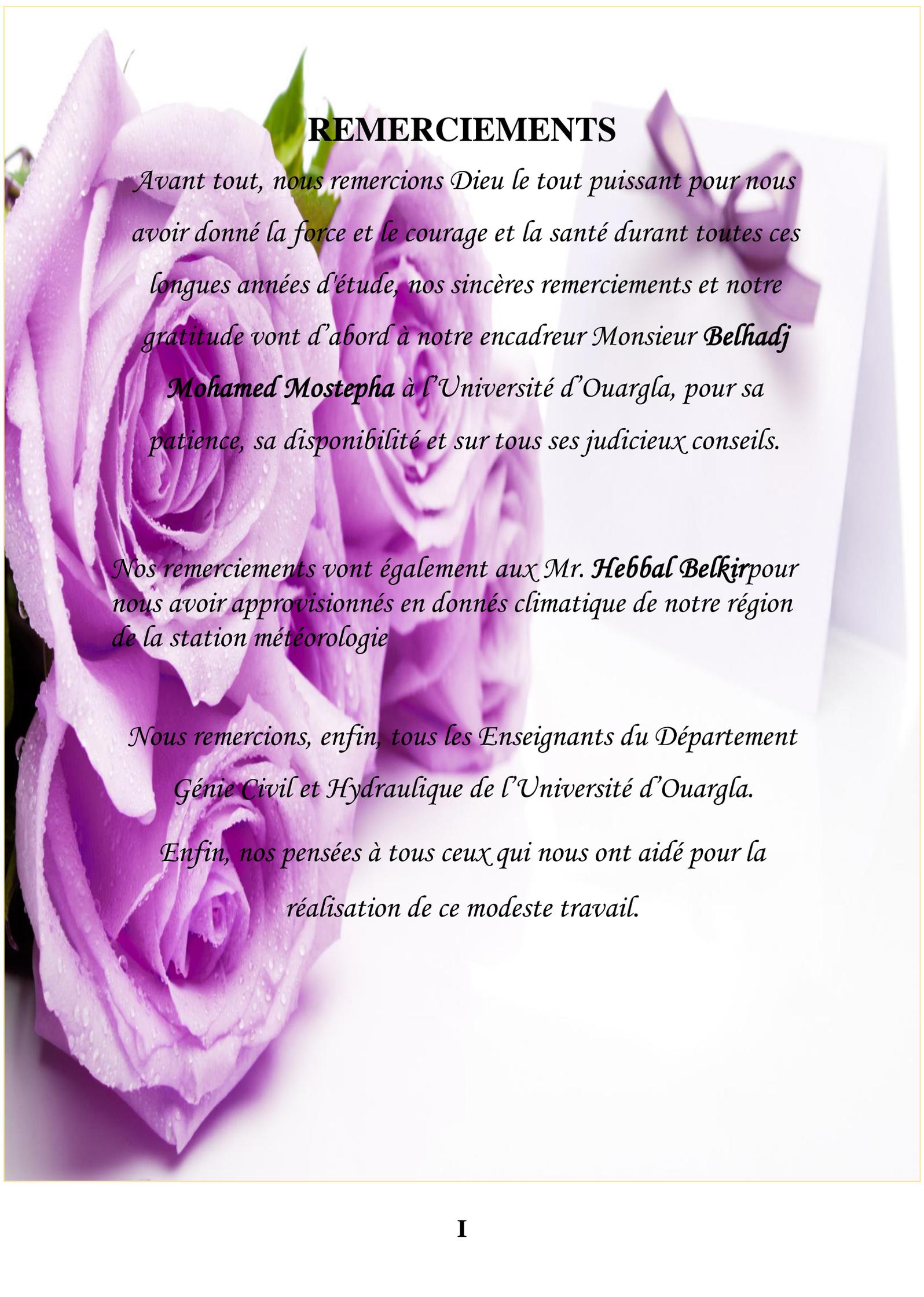
**Etude théorique de la contribution des cheminées solaires au  
confort thermique des bâtiments en zone saharienne**

Soutenu publiquement le 16/06/2021

Devant le jury composé de :

D. FAKIH ABELALI	MCC A	Président
D. HABEL BELKHJR	MA	Examinateur
D. BELAHDJ MOHAMED MOSTEPHA	MCC A	Encadreur

PROMOTION: 2021



## REMERCIEMENTS

*Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant pour nous avoir donné la force et le courage et la santé durant toutes ces longues années d'étude, nos sincères remerciements et notre gratitude vont d'abord à notre encadreur Monsieur **Belhadj Mohamed Mostepha** à l'Université d'Ouargla, pour sa patience, sa disponibilité et sur tous ses judicieux conseils.*

*Nos remerciements vont également aux Mr. **Hebbal Belkir** pour nous avoir approvisionnés en données climatique de notre région de la station météorologie*

*Nous remercions, enfin, tous les Enseignants du Département Génie Civil et Hydraulique de l'Université d'Ouargla.*

*Enfin, nos pensées à tous ceux qui nous ont aidé pour la réalisation de ce modeste travail.*



## DEDICACES

*Louange à Allah miséricordieux tout puissant qui ma éclairer le chemin vers cette réussite.*

*Je dédie ce travail à ma très chère mère et père*

*Qui ont su être à mes côtés dans les moments difficile sans lesquels je n'aurai pas aboutie à ce stade d'étude, ainsi que chaque un instant de bonheur qu'ils m'ont procuré, fasse dieu que je puisse les honorés.*

*A tout ma famille*

*A tous mes collègues d'université d'Ouargla*

*A tous les enseignants d'université d'Ouargla, les travailleurs*

*Je vous dis merci pour tout ce qui a aidés de loin ou de près pour la réalisation de ce mémoire.*

**MEYMOUNA KABDI**



# SOMMAIR

REMERCIEMENTS.....	I
DEDICACES.....	II
SOMMAIR.....	III
LISTE DES FIGURES.....	VI
LISTE DES Tableaux .....	VIII
Nomenclature.....	IX
Introduction générale .....	1
Chapitre I : Généralités sur les Cheminées solaires	
I.1.Introduction .....	2
I.2. Historique .....	2
I.3.Définition de la cheminée solaire .....	3
I.4.Rayonnement solaire .....	4
I.4.1 Rayonnement sur La Terre .....	4
I.5. Mesure du rayonnement solaire .....	5
I.6. Structure de la cheminé solaire .....	5
I.6.1. Le Collecteur .....	5
I.6.2. La Cheminée .....	7
I.6.3. La Turbine .....	8
I.7. Types et Modes d'opérations d'une cheminée solaire .....	10
I.7. 1. Cheminée solaire verticale.....	10
I.7. 2. Cheminée solaire inclinée.....	11
I.7.3 Les avantages et les inconvénients de la cheminée solaire .....	12
I.8. Le grand Sahara Algérien (GSA) .....	12
Chapitre II :Cheminée solaire et la ventilation naturelle	
II.1. Introduction .....	14
II.2. Principe de fonctionnement de la cheminée solaire .....	14
II.3. Écoulement unidimensionnel isentropique avec variation de section .....	15
II.3.1. Phénomène de Saturation .....	15
II.4. Evolution des paramètres de l'écoulement .....	16

II.4.1. Mise en forme du 1 <sup>er</sup> principe de la thermodynamique .....	17
II.4.2. Second Principe de la thermodynamique .....	18
II.4.3. La génération d'entropie .....	19
II.4.4. L'entropie en fonction du nombre de Mach .....	20
II.5. Estimation horaire de l'ensoleillement .....	21
II.6. Les différentes configurations de cheminée solaire .....	21
II.7. L'effet de serre .....	22
II.8. L'effet de convection naturelle .....	23
II.9. Notion sur la ventilation naturelle .....	24
II.9.1. Bases physiques .....	24
II.9.2. L'Effet thermosiphon .....	25
II.10. Moteurs naturels de l'écoulement d'air .....	26
II.10.1. Ventilation provoquée par la force thermique .....	26
II.10.2. Mouvement d'air dus à la pression du vent .....	27
II.10.3. Effet combiné .....	28
II.11. Fonctions et exigences de la ventilation naturelle .....	29
II.11.1. La ventilation hygiénique .....	29
II.11.2. Le confort thermique .....	29
II.11.3. Ventilation et confort thermique .....	30
II.12. Effet de la ventilation naturelle à l'intérieur d'un édifice .....	30
II.12.1. Influence de l'orientation d'un édifice par rapport au vent.....	30
II.12.2. Influence de la position et dimension des ouvertures .....	31
II.12.3. Influence des obstacles à l'intérieur d'un espace .....	32
II.13. Mode de ventilation naturelle .....	33

### Chapitre III : Etude comparative

III.1. Introduction.....	35
III.2. Description de problème .....	35
III.3. Situation géographique et climatique .....	35
III.4. Enquête sur la situation des bâtiments publics à Ouargla .....	37
III.4. 1.Edifices de l'époque coloniale à Ouargla .....	37
III.5. Caractéristiques constructives du bâtiment cas d'étude.....	38
III.5. 1. Définition des matériaux de construction .....	38
III.5.2. Types de matériaux de construction .....	39

III.5.2. 1. Les matériaux de construction traditionnels.....	39
III.5.2. 2. Matériaux de construction modernes .....	39
III.6. Quelques configurations des cheminées solaires .....	40
III.6.1. Cheminée solaire verticale .....	40
III.6.2. Cheminée solaire inclinée.....	41
III.6.3. Cheminée solaire relié avec une puis canadienne .....	41
III.6.3. 1.Avantages d'échangeur air- sol .....	42
III.6.3. 2.Inconvénients d'échangeur air- sol.....	43
III.6.4.Ventilation par cheminé solaire avec des pentes de capteurs solaires.....	43
III.7. Comparaison entre différent type de la cheminée solaire .....	44
Conclusion Générale.....	45
Réfirance bibliographie.....	47
Résumé	

# LISTE DES FIGURES

## **Chapitre I : Généralités sur les Cheminées solaires**

Figure. I. 1. Une centrale cheminée solaire.....	3
Figure. I. 2. Soleil et Terre .....	4
Figure. I. 3. Collecteur de la cheminée solaire .....	6
Figure. I. 4. Verrière du collecteur d'une cheminée solaire .....	6
Figure. I. 5. Différentes technologies de cheminées.....	7
Figure. I. 6. Bâtiment forme de cheminée.....	8
Figure. I. 7. Turbine pour cheminée solaire de large diamètre .....	9
Figure. I. 8. (a) Turbines verticale , (b) petites horizontales.....	9
Figure. I. 9 Les trois modes de fonctionnement d'une cheminée solaire.....	11
Figure. I.10. Cheminée solaire inclinée.....	11

## **Chapitre II : Cheminée solaire et la ventilation naturelle**

Figure. II.1. Principe de fonctionnement de la cheminée .....	15
Figure. II.2. Relation section pression .....	16
Figure. II.3. Relation section-nombre de mach .....	16
Figure. II.4 Entropie comme fonction de Mach (Farida 2010/2011) .....	20
Figure. II.5. Plan et section du système de refroidissement souterrain de la villa Ableri Nasseli.....	22
Figure. II. 6. Cheminée solaire avec haute capacité de stockage thermique.....	22
Figure. II. 7. Présentation de la convection dans une casserole.....	23
Figure. II.8. Principe de continuité.....	24
Figure. II. 9. Théorème de Bernoulli.....	25
Figure. II.10 L'effet thermosiphon.....	25
Figure. II.11. L'effet cheminée.....	27
Figure. II.12 Effet du vent.....	27
Figure. II.13. Effet du vent avec obstacle.....	28
Figure. II. 14 Tirage thermique et action du vent.....	28
Figure. II.15. Section d'un bâtiment ventilé naturellement.....	29

Figure. II.16. Les champs de pression sur un édifice en fonction de l'orientation par rapport au vent.....	31
Figure. II.17. Influence du positionnement des ouvertures. Ventilation simple exposition .....	31
Figure. II.18influence du positionnement de déflecteur. Ventilation simple exposition .....	31
Figure. II.19. Influence de la taille des ouvertures .....	31
Figure. II.20. Régime des flux d'air dans des modèles subdivisés intérieurement .....	32
Figure. II.21. mostiquaire,Le Caire, façade d'une ville modèrent.....	32
Figure. II.22.Ventilation traversante.....	33
Figure. II.23.La ventilation simple exposition.....	33
Figure. II.24. Exemple de solutions architecturales favorisant la ventilation traversante (a) cheminée, (b)atrium, (c)double peau.....	34
Figure. II.25. Exemple d'intégration de conduits de ventilations naturelle.....	34

### **Chapitre III : Etude comparative**

Figure. III. 1 Localisation de Willaya d'Ouargla.....	36
Figure. III. 2 Types de cheminée solaire selon l'ouverture d'entrée ,et leur position pour la ventilation naturelle.....	40
Figure. III. 3.Installation d'une cheminée solaire inclinée .....	41
Figure. III. 4 Schéma de principe intégrant un ECAS et une CS.....	42
Figure. III.5.Photo de la cheminée solaire .....	43
Figure. III. 6 Cheminée solaire avec des pentes de capteurs solaires .....	43

## **LISTE DES Tableaux**

### **Chapitre I : Généralités sur les Cheminées solaires**

Tableau. I. 1Potentiel solaire en Algérie.....13

### **Chapitre III : Etude comparative**

Tableau. III. 1. Données climatiques au niveau de la station météorologique d'Ouargla  
durant l'année 2020.....33

Tableau.III.2. Edifices de l'époque coloniale à Ouargla .....34

Tableau. III.3 : comparaison entre les types et l'efficacités des cheminées solaires ...40

## Nomenclature

### *Notations latines*

$t$ : Temps	s
$U$ : Vitesse	$ms^{-1}$
$P$ : Pression statique	$N m^{-2}$
$V$ : Volume	$m^3$
$m$ : La masse	Kg
$a$ : célérité du son	$ms^{-1}$
$u$ : vitesse suivant x	$ms^{-1}$
$v$ : vitesse suivant y	$ms^{-1}$

### *Notations grecques*

$\rho$ : Masse volumique	$Kgm^{-3}$
$\mu$ : Viscosité dynamique	$Kgm^{-1}s^{-1}$
$C_p$ : Chaleur spécifique	$J.Kg.K^{-1}$
$\lambda$ : conductivité thermique	W/m. K

### *Nombres adimensionnels*

M : Nombre de Mach	sans dimensions
$S_{ges}'''$ : Tau de la génération d'entropie	sans dimensions

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

## Introduction générale

L'augmentation rapide de la population et le développement économique impliquent une demande croissante de l'énergie afin d'assurer une vie moderne acceptable et soutenable. L'utilisation des énergies fossiles tels que le charbon, le pétrole et le gaz possède le risque d'épuiser les réserves d'énergies non renouvelables ainsi que les risques de pollution qu'ils impliquent, ceci exige l'orientation des efforts et des recherches vers les sources renouvelables de l'énergie afin d'avoir une énergie propre et durable.

L'énergie solaire est l'un des plus grands espoirs comme source d'énergie inépuisable. Plusieurs applications sont faites pour produire de l'énergie thermique ou électrique à partir du rayonnement solaire. La cheminée solaire est l'une de ces applications qui sert à produire de l'énergie électrique à partir de l'énergie solaire par la transformation de cette dernière en énergie cinétique de l'air interne et cette énergie cinétique à son tour entraîne des turbines éoliennes puis se transforme en électricité en finale.

Sur le plan physique, la cheminée solaire est un système énergétique complexe dans lequel tous les différents modes d'échange thermique interviennent. S'ils sont relativement simples et bien connus, leur couplage entraîne des difficultés dans la simulation de ce système. La convection naturelle est un mécanisme particulièrement important pour l'échange d'énergie inclus dans la cheminée solaire.[7]

- ❖ Dans le premier chapitre on a fait une présentation du cadre général de l'étude par la définition et l'historique de la cheminée solaire à travers sa structure générale avec ses avantages et inconvénients.
- ❖ Le deuxième chapitre concerne la ventilation naturelle dans un édifice avec le principe de fonctionnement d'une cheminée solaire ou nous avons présenté des différentes équations simples de capteur solaire à travers les modes des ventilations naturelles
- ❖ Le troisième chapitre est une étude comparative entre des différents types de cheminée solaire qui ont déjà été étudiées par des chercheurs pour savoir lequel de ces types, est le plus efficace pour adoucir l'air à l'intérieur des bâtiments dans notre zone désertique.

Enfin une conclusion générale sur les résultats aboutis.

**CHAPITRE I :**

**GÉNÉRALITÉS SUR  
LES CHEMINÉES**

## I.1.Introduction :

Les cheminées solaires sont différentes des cheminées conventionnelles par le fait que leur mur méridional est remplacé par le vitrage qui permet la collection et l'utilisation de l'irradiation solaire. Beaucoup de travaux, particulièrement les deux dernières décennies, ont illustré leurs avantages en montrant leur bas coût de maintenance et leur durabilité. Les cheminées solaires ont été traditionnellement utilisées dans l'agriculture pour le renouvellement d'air en granges, silos, serres chaudes, aussi bien que dans le séchage des récoltes.

La cheminée solaire est une idée attrayante pour beaucoup de chercheurs dans différents champs. En vue d'améliorer la ventilation naturelle, différentes configurations de la cheminée ont été étudiées et expérimentées[2] , des généralités concernant ce dispositif seront exposées dans ce chapitre.

## I.2. Historique :

De nombreux chercheurs dans le monde ont présenté différentes idées ou projets concrets de cheminée solaire :

Les inventeurs présumés sont l'anglais Bennet (publications en 1897) et le colonel espagnol CABANYES (publication en 1903).

Le français Dubos a proposé en 1926 que le conduit soit incliné, adossé à un volcan par exemple entre 1940 et 1960, l'ingénieur français EDGARD NAZARE, après avoir observé plusieurs tourbillons de sable (DUSTDEVIL) dans le sud saharien, et en avoir mesuré les caractéristiques grâce à son déclinomètre-alidade de poche, imagina un dispositif : la cheminée à dépression, aujourd'hui appelée cheminée à vortex. C'est en 1956 qu'il déposa son premier brevet à Alger.

Ce brevet fut redéposé à Paris le 3 août 1964. Il s'agissait de générer artificiellement une ascendance atmosphérique tourbillonnaire dans une sorte de cheminée à vortex en forme de tuyère de Laval et d'en récupérer une partie de l'énergie au moyen de turbines.

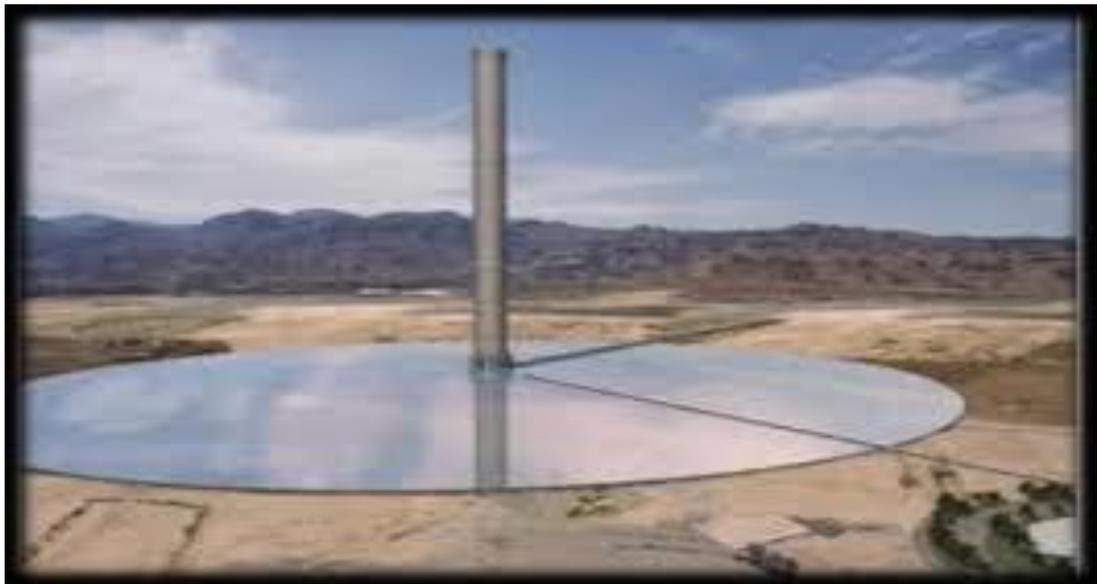
Un prototype de dimensions réduites (hauteur 200m, diamètre de la serre 200m) fut construit en Espagne 1981 dans le désert au sud de Madrid. Il avait été calculé pour durer 3 ans, et a tenu jusqu'en 1989, data à laquelle il fut renversé par une tempête. Ce prototype

générat 50KW, soit 4000 fois moins qu'une version de 1km de haut avec serre de plusieurs km de diamètre, car la puissance est proportionnelle au volume d'air déplacé, soit au cube du rapport des dimensions.

Le 14 mai 2009, NEVEN NINIC et Sandro NIZETIC déposent leur brevet de cheminée solaire avec diffuseur La centrale solaire est appelée à transmission courte ce diffuseur aurait pour but de former une colonne gravitationnelle tourbillonnaire[8]

### **I.3.Définitionde la cheminée solaire :**

Une cheminée solaire (appelé également cheminée provençale ou cheminée thermique) est un dispositif permettant d'améliorer la ventilation naturelle d'un bâtiment en utilisant le mouvement convectif de l'air chauffé passivement dans un conduit exposé au rayonnement solaire. Dans sa plus simple forme, la cheminée solaire est constituée d'une cheminée peinte en noir. Pendant le jour, l'énergie solaire réchauffe le conduit de cheminée et l'air contenu à l'intérieur, y créant un appel d'air. L'aspiration ainsi créée à sa base peut être utilisée pour ventiler et refroidir le bâtiment en dessous.[2]



**Figure. I. 1.**Une centrale cheminée solaire [2]

**I.4.Rayonnement solaire :**

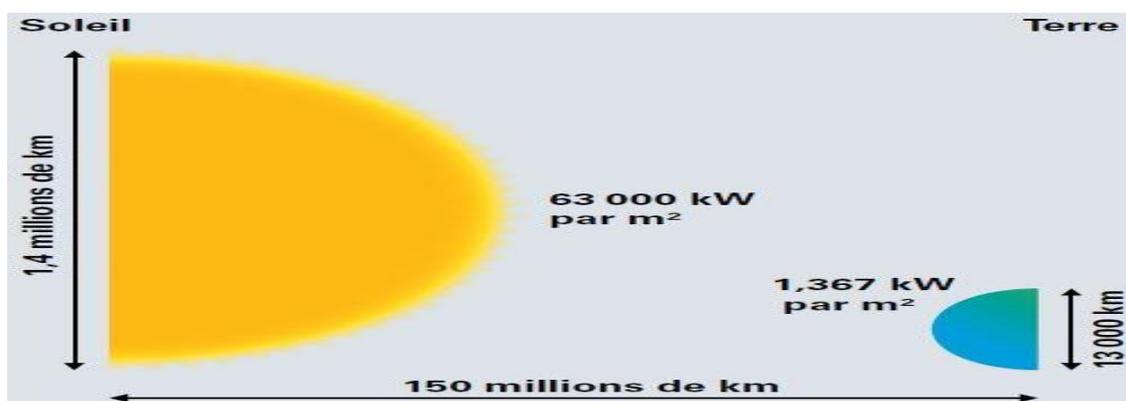
Le rayonnement solaire est l'ensemble des ondes électromagnétiques émises par le Soleil est composé de toute la gamme des rayonnements, de l'ultraviolet lointain comme les rayons gamma aux ondes radio en passant par la lumière visible. Le rayonnement solaire contient aussi des rayons cosmiques de particules animées d'une vitesse et d'une énergie extrêmement élevées. Une partie de ce rayonnement est filtrée par la couche d'ozone avant d'atteindre la troposphère. Via la photosynthèse il est nécessaire à la plupart des espèces qui vivent sur la Terre.[9]

**I.4.1 Rayonnement sur La Terre :**

Une faible partie du rayonnement solaire parvient jusqu'à la surface de la Terre, des ondes radio décamétriques aux rayons ultraviolets les plus mous, le reste étant réfléchi ou absorbé par l'atmosphère et l'ionosphère.

Lorsqu'il atteint la surface de la Terre, en fonction de l'albédo de la surface frappée, une partie plus ou moins importante du rayonnement est réfléchi. L'autre partie de ce rayonnement est absorbée par la surface de la Terre ou par les êtres vivants qui y vivent, en particulier les végétaux (photosynthèse). Cette source d'énergie, appelée énergie solaire, est à la base de la vie.

Le rayonnement solaire total reçu sur la Terre est la somme du rayonnement direct et du rayonnement diffus. En moyenne sur le globe terrestre, 61 % du rayonnement reçu est direct. En fonction de l'endroit où l'on se situe sur Terre, cette part varie fortement. À Hambourg par exemple 60 % du rayonnement annuel est diffus, alors qu'au Caire le rayonnement diffus représente seulement 29 % [9]



**Figure. I. 2.Soleil et Terre[10]**

### I.5.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. [2]

#### 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. [2]

#### C. Le pyréliomètre :

Le pyréliomètre est un radiomètre muni d'un collimateur, pour la mesure du rayonnement solaire direct sous incidence normale.[2]

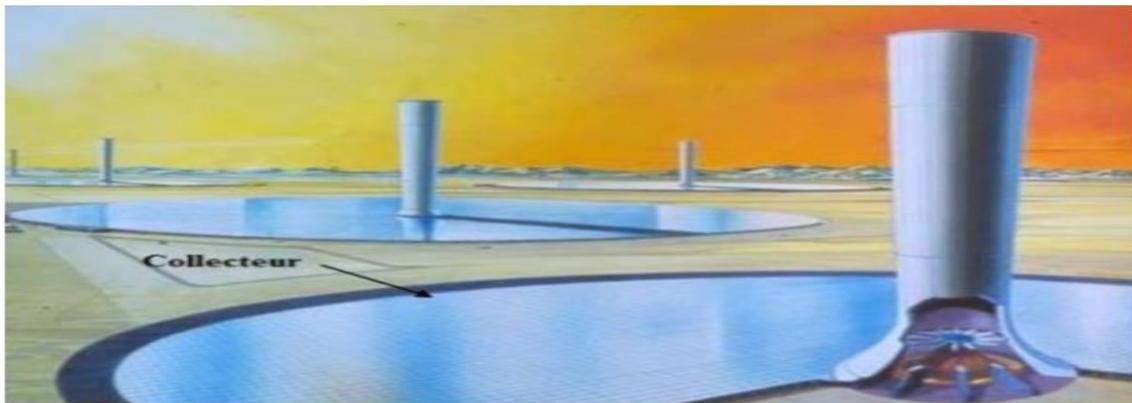
### I.6.Structure de la cheminée solaire :

Une centrale à cheminée solaire est constituée de trois éléments principaux, à savoir le capteur solaire ou le collecteur, la tour et la turbine.

#### I.6.1. Le Collecteur :

L'air chaud de la cheminée solaire est produit par l'effet de serre dans l'outil de collecte d'air simple consiste en seulement un film de verre ou film varie de 2 à 6 mètres et couvre

une grande surface de plusieurs milliers de mètres de la[11]Fig. (I.3)



**Figure. I. 3. Collecteur de la cheminée solaire[11]**

Comme le poids du verre augmente la masse du toit, les collecteurs doivent avoir une structure avec des tiges assez résistantes et attachées comme sur la Fig. (I-4).



**Figure. I. 4. Verrière du collecteur d'une cheminée solaire[8]**

Par ailleurs, Il n'y a aucune limitation pour la superficie du collecteur : plus grande est la surface, plus grande est la quantité d'énergie produite par la tour solaire. La hauteur du collecteur augmente d'une manière adjacente à la base de la cheminée, de l'air est dévié vers un mouvement vertical avec perte de friction minimale. Cette couverture admet la composante du rayonnement solaire à ondes courtes et conserve le rayonnement à ondes longues du sol.

Ainsi, le sol sous le toit chauffe et transfère sa chaleur à l'air s'écoulant radialement au-dessus de lui depuis l'extérieur vers la cheminée.

Le plus efficace semble être le collecteur en verre, puisque son rendement de conversion de l'énergie solaire en chaleur peut aller jusqu'à 70%. La moyenne annuelle

typique est de l'ordre de 50%. En outre, avec un entretien et une maintenance appropriée, sa durée de vie peut facilement être de 60 ans ou plus[11]

### I.6.2. La Cheminée :

Tube de cheminée ou de tour ; est la principale caractéristique de la cheminée solaire. La tour, qui agit comme une grande cheminée, est située au centre de la canopée de la serre et constitue le moteur thermique pour la technologie. La tour crée un différentiel de température entre l'air froid en haut et l'air chauffé en bas.

Cela crée l'effet de cheminée, qui aspire l'air du bas de la tour du haut. La cheminée de l'installation est extrêmement haute et nécessitera une base stable tout en permettant la libre circulation de l'air à travers la turbine. Il serait également avantageux d'avoir la turbine comme le plus bas possible dans la cheminée pour en simplifier la construction [11]

Il existe différentes méthodes pour construire une telle tour : tubes autoportants en béton armé, tubes en tôle d'acier supportés par des haubans, ou construction en treillis de câbles avec revêtement de tôles ou de membranes (figures 5 à 6)[8]



Figure. I. 5. Différentes technologies de cheminées[8]

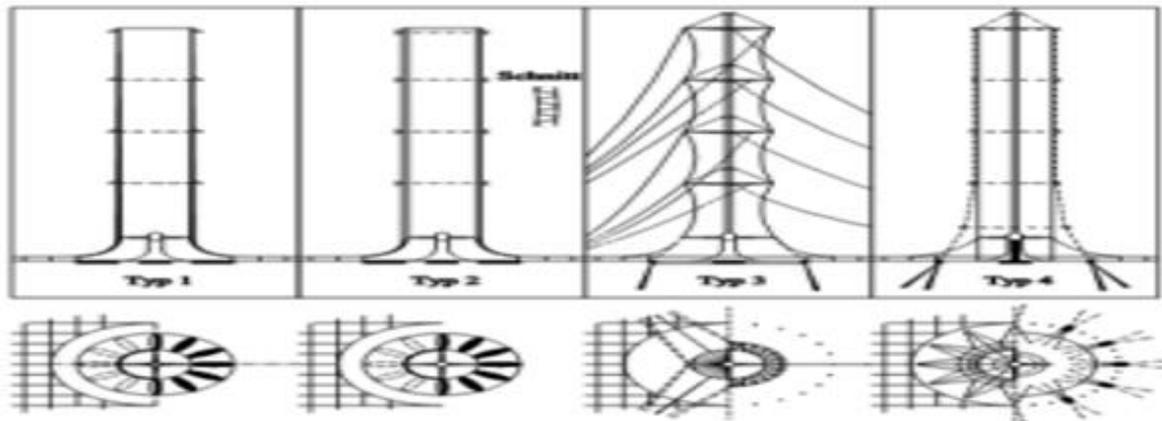


Figure. I. 6. Bâtiment forme de cheminée[8]

### I.6.3. La Turbine :

La turbine de la cheminée solaire est un composant important de la centrale, car elle extrait l'énergie de l'air et la transmet au générateur. Il a une influence significative sur la plante la perte de charge de la turbine et le débit massique de l'installation sont couplés.

Les spécifications des éoliennes solaires sont, à bien des égards, similaires à celles des grandes éoliennes

Ils convertissent tous les deux de grandes quantités d'énergie dans le flux d'air en énergie électrique et l'alimentent dans un réseau. Mais il existe également diverses différences importantes. Les caractéristiques suivantes sont typiques des turbines solaires à cheminée contrairement aux éoliennes turbines

Dans les centrales solaires à cheminées, les turbines sont canalisées et leur efficacité totale théoriquement réalisable est donc de 100% la limite de Betz, qui est applicable aux canalisés. La direction de l'air venant en sens inverse

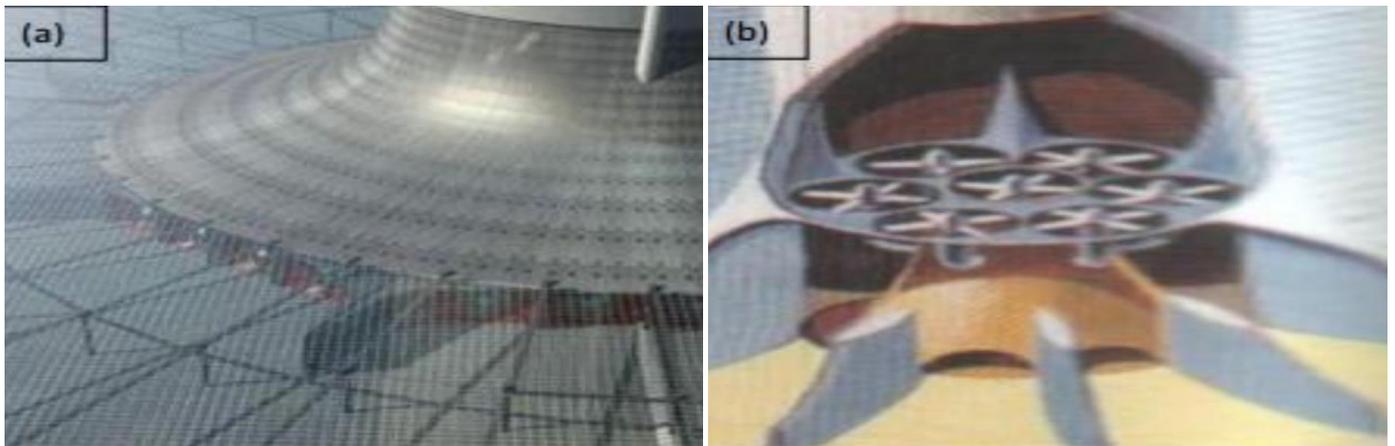
Le débit est connu et reste constant. Les turbines sont protégées des intempéries mais doivent faire face à avec des températures plus élevées.

Les grands volumes de collecteur et de cheminée agissent comme un tampon empêchant les fluctuations importantes de la vitesse du flux d'air, c'est-à-dire que les charges dynamiques sur les aubes de la turbine et tous les autres composants rotatifs sont

comparativement faibles. En outre, la perte de charge des turbines dans les SCCP est environ 10 fois plus importante que dans les éoliennes Fig. I.7 et Fig. I.8. [8]



**Figure. I. 7. Turbine pour cheminée solaire de large diamètre[8]**



**Figure. I. 8. (a) Turbines verticale , (b) petites horizontales[5]**

**I.7. Types et Modes d'opérations d'une cheminée solaire :**

Actuellement, on peut distinguer deux types de cheminée

**I.7. 1.Cheminée solaire verticale :**

Ce type est le plus rencontré, où l'entrée d'air se fait par l'ouverture au fond et la sortie par l'ouverture au-dessus. Par convention, trois types de cheminée sont dénotés selon l'admission (figure I.9). Le positionnement de l'ouverture d'admission représente trois manières possibles, d'intégrer La cheminée solaire dans un bâtiment pour la ventilation naturelle.

Il y'a trois modes d'opérations de la cheminée solaire, qui sont appropriés à chaque saison sont illustrés dans la figure (I.9) :

**a. Cas de chauffage :**

la cheminée solaire fonctionne en mode de chauffage passif. 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.

b. 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.

c. 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 extérieure sans pré réfrigéré résulte une augmentation de la température à l'intérieur. Par conséquent, l'air entre dans la cheminée est s'échapper 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.

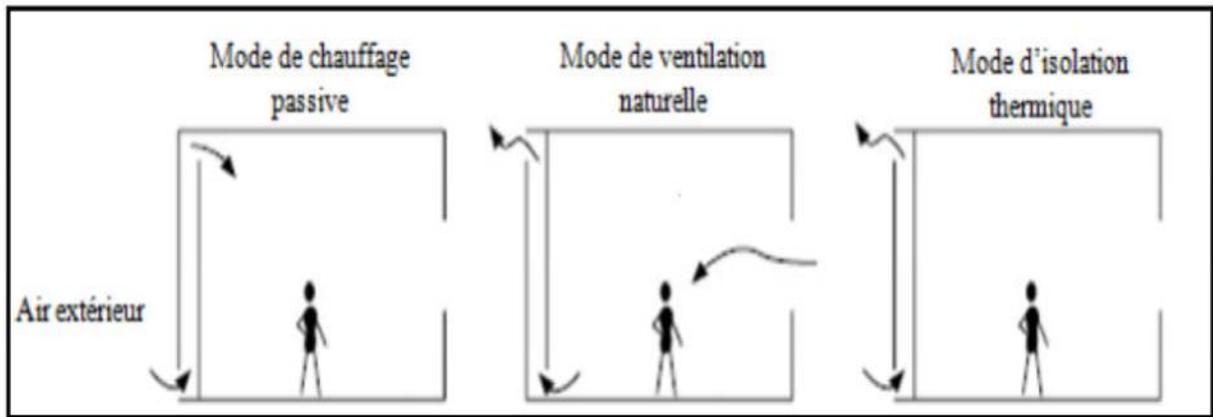


Figure. I. 9 Les trois modes de fonctionnement d'une cheminé solaire[2]

### I.7. 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  $30^\circ$  à  $45^\circ$  pendant les mois d'été dans l'endroit géographique comme l'Inde, quand les cheminées verticales sont moins efficaces en capturant la quantité maximum de rayonnement solaire due à une altitude plus élevée du soleil.

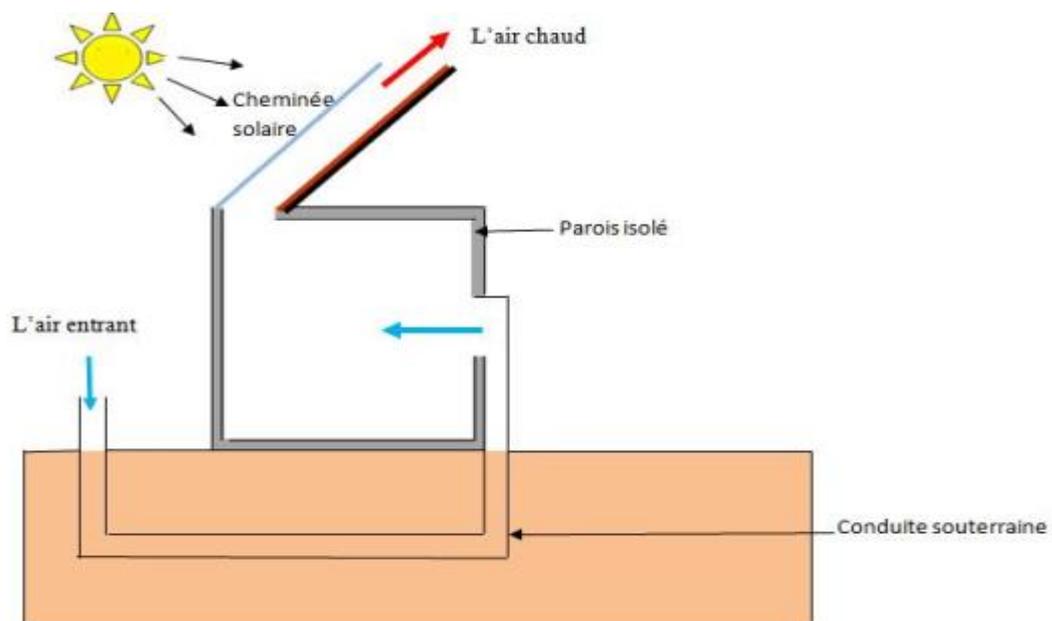


Figure. I.10. cheminé solaire inclinée[12]

**I.7.3 Les avantages et les inconvénients de la cheminée solaire :****a. Avantages :**

1. La cheminée solaire est particulièrement adaptée à la production d'électricité dans les déserts et les terres arides.
2. En raison du système de stockage de chaleur, la cheminée solaire actionnera 24 h sur l'énergie solaire uniquement.
3. Aucun carburant n'est nécessaire.
4. Elle ne nécessite pas d'eau de refroidissement et elle est adaptée à des régions où règne une sécheresse extrême.
5. La cheminée solaire est particulièrement fiable et nécessite peu de maintenances comparativement aux autres usines de production d'électricité.
6. Les matériaux nécessaires à la construction d'une cheminée solaire sont le béton, le verre et l'acier, sont disponibles en quantités suffisantes partout dans le monde[7].

**b. Inconvénients :**

1. L'investissement de départ est plus élevé.
2. La production n'est pas constante pendant le jour ou l'année.
3. Le collecteur occupe une immense surface.
4. Impact visuel négatif (certains y voient une dégradation du paysage).
5. Quelques estimations disent que les coûts d'investissement pour la production, d'électricité à partir d'une cheminée solaire est 5 fois plus important que celui à partir d'une turbine à gaz.[7]

**I.8. Le grand Sahara Algérien (GSA) :**

Selon l'agence spatiale Allemande, le potentiel d'énergies renouvelables est plus important dans le bassin méditerranéen.

Le territoire du GSA, les zones arides et semi-arides occupent plus de 90% de la superficie totale du pays (2381745 Km<sup>2</sup>). Le temps d'insolation sur presque la quasi-totalité du territoire excède 2500 heures par an et peut atteindre jusqu'à 3900 heures par an (Hautes plaines et Sahara) (Tableau I.1). Le potentiel solaire Algérien c'est 37 milliards de m<sup>3</sup>, c'est

l'équivalent de 10 grands gisements de gaz naturel qui auraient été découverts à HASSI R'MEL[12]

**Tableau. I. 1Potentiel solaire en Algérie[12]**

Aires	Littoral	Hauts plateau Sahara
Surface 86 %	4	10
Temps d'ensoleillement (3500 h/ans)	2650	3000
Énergie reçue (2650 KWh/(m <sup>2</sup> .an))	1700	1900

**CHAPITRE II :**

**CHEMINÉE SOLAIRE**

**ET**

**LA VENTILATION**

**NATUREL**

**II.1. Introduction :**

Le confort physiologique d'une personne dépend de l'effet global de plusieurs facteurs, y compris des facteurs climatiques tels que la température, l'humidité, la circulation de l'air et le rayonnement solaire.

La ventilation à l'intérieur du bâtiment est d'une grande importance et est considérée comme l'un des principaux éléments du climat et de la manière de commencer dans la conception des bâtiments et leur connexion directe avec eux. La ventilation et le refroidissement naturels sont importants et leur rôle est important pour atténuer la chaleur et des températures extrêmes, mais elles sont le principal débouché de la crise de la consommation d'énergie dans une large mesure car la crise de la consommation d'énergie y est due. Le conditionnement mécanique et la dépendance à son égard sont grands, et nous voulons des espaces qui interagissent avec ces variables climatiques, c'est, nous voulons toucher le souffle malade de l'air d'été qui coule dans notre rôle et nos bâtiments, et nous voulons profiter de l'air et le déplacer à l'intérieur de notre environnement bâti pour déplacer l'accumulation de chaleur et la remplacer par des douches de courants d'air en mouvement rafraîchissants. Chaque chose naturelle est généralement belle, auto-acceptée et confortable, ainsi que ses avantages fonctionnels.

La ventilation à l'intérieur du bâtiment, qu'elle soit naturelle ou mécanique, a une grande importance et chacune de ces tâches importantes nécessite des besoins et des exigences spécifiques qui changent en fonction du changement climatique, et c'est ce que nous aborderons dans ce chapitre.

**II.2. Principe de fonctionnement de la cheminée solaire :**

Le fonctionnement se base sur un principe simple : l'air chaud étant plus léger que l'air froid, il s'élève par convection. L'air à l'intérieur de la cheminée se chauffe grâce au rayonnement solaire. Le capteur comporte deux ouvertures de manière à permettre l'évacuation d'air chaud qui s'élève de la chambre pour créer un renouvellement d'air dans la chambre.[2]

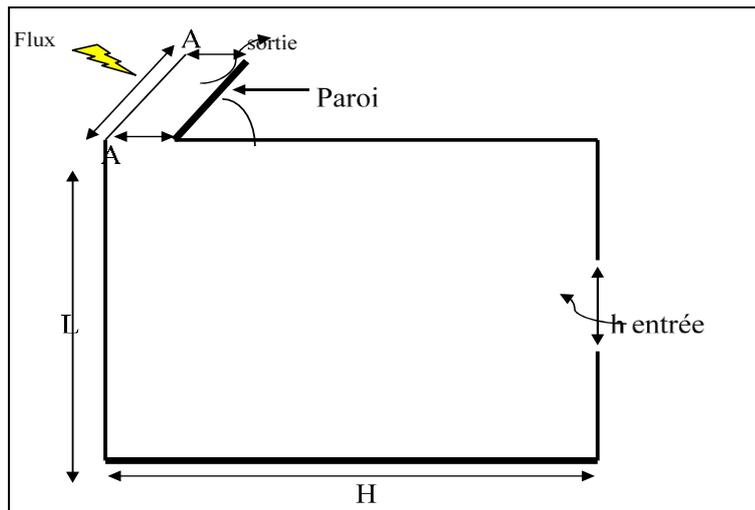


Figure. II.1. Principe de fonctionnement de la cheminée[2]

### II.3. Écoulement unidimensionnel isentropique avec variation de section :

#### II.3.1. Phénomène de Saturation :

Supposons que l'on accélère un écoulement subsonique dans un convergent (ou que l'on décélère un écoulement supersonique dans ce même convergent). Comme pour tous les fluides compressibles, la vitesse du son diminue lorsque la température diminue, le nombre de Mach varie dans le même sens que la vitesse. Celle-ci, augmente donc pour un écoulement subsonique et diminue pour un écoulement supersonique. Le nombre de Mach ne peut pas atteindre l'unité au convergent, seulement à son extrémité. On appelle ce phénomène la saturation de la tuyère.

Si l'on accélère un fluide pour des conditions d'arrêt données au moyen d'une tuyère convergente en diminuant la pression régnant en aval de celle-ci, et donc aussi le débit, augmentent jusqu'à ce que les conditions soniques y soient atteintes. Ils ne changent plus si on continue à réduire la pression. On déduit également qu'on ne peut accélérer un écoulement jusqu'à des conditions supersoniques qu'au moyen d'une tuyère convergente-divergente, que l'on appelle tuyère de Laval. Les figures (II.2 et II.3);[1]

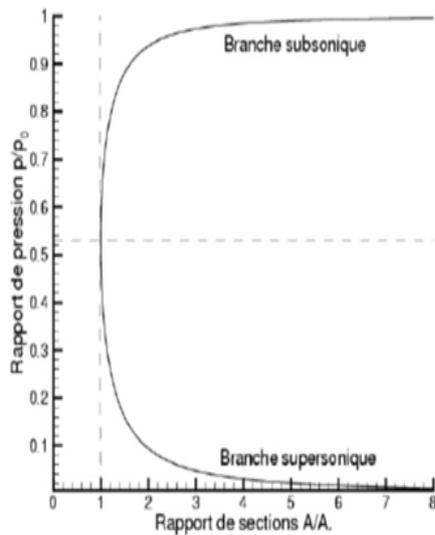


Figure. II. 2.Relation section pression [1]

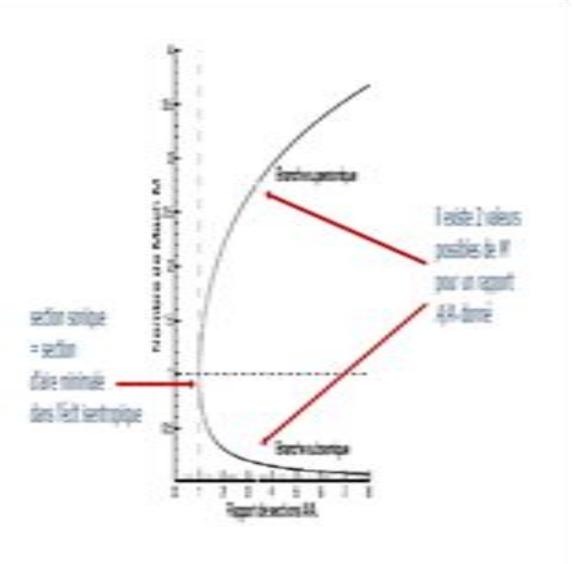


Figure. II.3. Relation section-nombre de mach [1]

#### II.4. Evolution des paramètres de l'écoulement :

Pour un écoulement isentropique, l'équation d'énergie entre deux états dans le champ d'écoulement devient :

$$h_1 + \frac{u_1^2}{2} = h_2 + \frac{u_2^2}{2} = h_0 = const \quad (2.1)$$

L'enthalpie d'un gaz parfait est donnée par  $h = c_p T$ . En substituant dans l'équation d'énergie de l'écoulement permanent, on trouve  $h_0 = C_p T_0 = constante$  ou  $h_0$  appelée l'enthalpie de stagnation, reste constante dans le champ d'écoulement [1]

$$\frac{T_0}{T} = 1 + \frac{\gamma-1}{2} M^2 \quad (2.2)$$

Donc, la température de stagnation reste constante dans un écoulement isentropique et la relation de la température locale à la température de stagnation est une fonction seulement du nombre de Mach local. En incorporant l'équation de vitesse sonique, l'équation d'état de gaz parfait et l'équation d'énergie on trouve les relations utiles pour l'écoulement isentropique permanent des gaz parfaits [1] .

$$\frac{a_0}{a} = \left(\frac{T_0}{T}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M^2\right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.3)$$

$$\frac{p_0}{p} = \left(\frac{T_0}{T}\right)^{1/(\gamma-1)} = \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M^2\right)^{\gamma/(\gamma-1)} \quad (2.4)$$

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \left(\frac{T_0}{T}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M^2\right)^{\gamma/(\gamma-1)} \quad (2.5)$$

#### II.4.1. Mise en forme du 1<sup>er</sup> principe de la thermodynamique :

Le premier principe de la thermodynamique exprime la conservation de l'énergie au cours d'une transformation quelconque. Il ne fait aucune distinction entre les diverses formes d'énergie, et en particulier n'impose aucune restriction quant au sens dans lequel la chaleur et le travail sont échangés.[3]

Si l'on considère une transformation réversible d'un système fermé, sans variation d'énergies cinétique et potentielle, on a, par le premier principe

$$dU = \delta Q + \delta W \quad (2.6)$$

Mais, par ailleurs, la transformation étant réversible :

$$\delta W = -pdV \quad (2.7)$$

$$\delta Q \quad (2.8)$$

On en déduit que pour une telle transformation :

$$dU = \delta Q - pdV \quad (2.9)$$

Cette relation ne fait intervenir que des variables d'état et doit par conséquent être valable pour une transformation infinitésimale irréversible aussi bien que pour une transformation infinitésimale réversible, par conséquent, on peut intégrer l'équation (2.9) entre deux états, que la transformation soit réversible ou non.

En vertu de la définition de l'enthalpie,  $H = U + pV$ , on a en différentiant

$$dH = dU + pdV + Vdp = \delta Q + Vdp \quad (2.10)$$

On en déduit les formes massiques :

$$dU = \delta Q - pdV \quad (2.11)$$

$$dh = \delta Q + Vdp \quad (2.12)$$

### **II.4.2. Second Principe de la thermodynamique :**

Le second principe traduit le caractère irréversible de toute transformation thermodynamique d'un système et nécessite l'introduction d'une nouvelle variable d'état appelée entropie. Cependant, pour de nombreuses transformations thermodynamiques, les effets liés à l'irréversibilité sont négligeables.

Dans ce cas, le processus thermodynamique est considéré comme réversible et il existe une évolution inverse faisant passer le système de son état final à son état initial. L'intérêt de considérer des transformations réversibles est motivé par la substitution du terme ( $\delta q$ ) dans le premier principe pour ne faire intervenir que des variables d'état.[1]

La variation d'entropie est définie en termes de processus réversible :

$$\Delta S = \int \frac{\delta Q_R}{T} \quad (2.13)$$

Le changement d'entropie s'exprime en 2 catégories pour n'importe quel système par :

$$ds = ds_e + ds_i \quad (2.14)$$

Ou ( $ds_e$ ) : représente la portion du changement d'entropie causée par le transfert de chaleur entre le

Système et le milieu extérieur (environnement) donc :

$$ds_e = \frac{\delta Q}{T} \quad (2.15)$$

Le  $(ds_e)$  Peut être positive ou négative dépendant de la direction transfert de chaleur si  $ds_e=0$ , le processus est adiabatique. Le terme  $(ds_i)$   $i$  représente la portion du changement d'entropie causé par les effets irréversibles. Cependant les effets de  $ds_i$  sont internes dans la nature des gradients de la température, de la pression ; ainsi que le frottement le long des limites du système.

Ce qui veut dire que toutes les irréversibilités génèrent l'entropie (ce qui cause l'augmentation de cette dernière dans le système), cependant pour un processus réversible  $ds_i \geq 0$ .

Aussi, un processus isentropique se fait à entropie constante qui est expliqué par  $ds = 0$

Il est à confirmer qu'un processus réversible -adiabatique est un processus isentropique. L'inverse n'est pas nécessairement vrai : un processus isentropique n'est pas nécessairement réversible -adiabatique Aussi [1]

$$\oint ds = \oint ds_e + \oint ds_i \quad (2.16)$$

Pour un processus isentropique  $\oint ds = 0$  On sait bien que les effets irréversibles générant toujours l'entropie

$$0 = \oint ds_e + (\geq 0) \quad (2.17)$$

$$ds_e = \frac{\delta Q}{T} \rightarrow \oint \frac{dQ}{T} \leq 0 \quad (2.18)$$

Cette équation est appelée inégalité de **Clausius**.

### II.4.3. La génération d'entropie :

Dans l'écoulement du fluide, l'irréversibilité se pose en raison du transfert de chaleur et les effets visqueux du fluide. Le taux de génération d'entropie peut être exprimé comme la somme des cotisations dues à des effets visqueux et thermiques, et donc, il dépend fonctionnellement sur les valeurs locales de vitesse et de température dans le domaine d'intérêt. Dans ces systèmes, lorsque les deux champs de température et de vitesse sont

connus, le taux de génération d'entropie volumétrique à chaque point peut être calculé comme suit :

$$S''' = (S'''_{gen})_{chaleur} + (S'''_{gen})_{frottement} \quad (2.19)$$

$$(S'''_{gen})_{chaleur} = \frac{\lambda_{eff}}{T^2} \left[ \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial T}{\partial y} \right)^2 \right] \quad (2.20)$$

$$(S'''_{gen})_{frottement} = \frac{\mu_{eff}}{T} \Phi$$

$$\text{Ou : } \Phi = 2 \cdot \left[ \left( \frac{\partial u_x}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial u_y}{\partial y} \right)^2 \right] + \left( \frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \right)^2 \quad (2.21)$$

$\Phi$  : est le terme de dissipation visqueuse.

Ces équations (2.19) (2.20) et (2.21) sont valables pour un fluide newtonien exposés à des flux internes et / ou sources de chaleur externe pour estimer l'entropie locale taux de production en raison du transfert de chaleur et le frottement de fluide.

#### II.4.4. L'entropie en fonction du nombre de Mach :

La figure suivante montre l'entropie spécifique du fluide comme une fonction du nombre de Mach de conduit, pour l'écoulement subsonique et supersonique.[1]

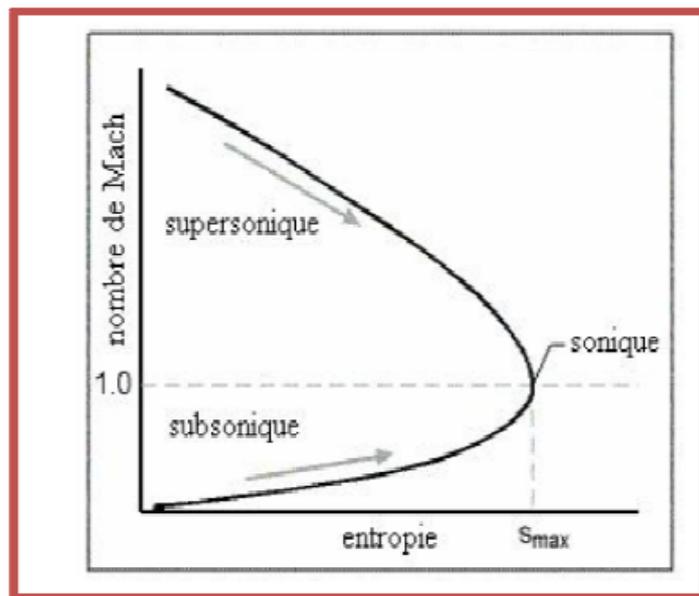


Figure. II.4 Entropie comme fonction de Mach [1]

On voit que quand la longueur de conduit est augmentée, le nombre de Mach approche de l'unité. Si la condition sonique existe à la sortie de conduit, l'écoulement devient étranglé.

Fig. II.4 montres aussi l'écoulement ne peut pas passer de subsonique à supersonique ou vice versa, pour la simple raison qu'on ne peut pas violer la seconde loi de thermodynamique.

### **II.5. Estimation horaire de l'ensoleillement :**

L'énergie solaire reçue par unité de temps à la limite supérieur de l'atmosphère sur une surface unité perpendiculaire aux rayons solaires et pour une distance Terre – Soleil égale à sa valeur moyenne, est appelée la constante solaire. La constante solaire a été estimée à 1367 W/m<sup>2</sup>. du centre radiométrique mondial de Davos (Suisse) La relation ci-dessous donne la valeur corrigée de la constante solaire [2]

$$I_C = I_0[1 + 000340\cos(30(m - 1) + N)]$$

Où :

$I_0$  : 1367 W/m<sup>2</sup>.

m : le numéro du mois dans l'année.

N : le numéro du jour dans le mois.

### **II.6. Les différentes configurations de cheminée solaire :**

La ventilation par la cheminée solaire n'est pas nouvelle et a été employée pour des dizaines d'années. Elles ont été trouvées dans les constructions historiques, tels que la villa sicilienne « salles de Scirocco », remontant au 16ème siècle où elles ont été employées en accord avec des couloirs et des dispositifs souterrains d'eau pour fournir le rafraîchissement. La structure conique au-dessus de la salle de Scirocco illustrée dans la figure (II.5) a agi comme une cheminée solaire en augmentant la température d'air en dedans, créant de ce fait un effet de tirage thermique, le flux d'air incité est refroidi dans le couloir souterrain et d'eau avant de régénérer des occupants dans la salle de Scirocco.[2]

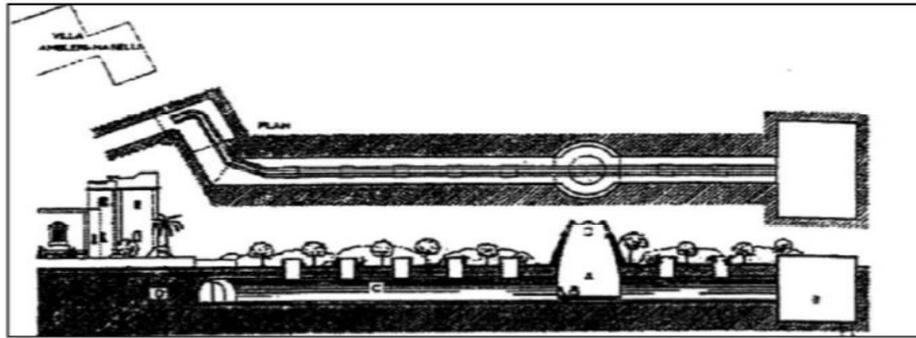


Figure. II.5. Plan et section du système de refroidissement souterrain de la villa Ableri-Nasseli[2]

Il existe de nombreuses variétés de dispositifs de ventilation portant le nom de cheminée solaire et qui fonctionnent selon le même principe. Une cheminée solaire pour l'usage dans des climats chauds arides peut être semblable à celle représentée dans la figure (II. 6). Dans ce cas, les murs solaires sont faits à partir d'un matériau de capacité thermique élevé permettant une stratégie de refroidissement des occupants durant la nuit. Les amortisseurs sont ouverts quand l'air extérieur est frais et la chaleur stockée dans les murs est transférée à l'air dans la cheminée. [2]

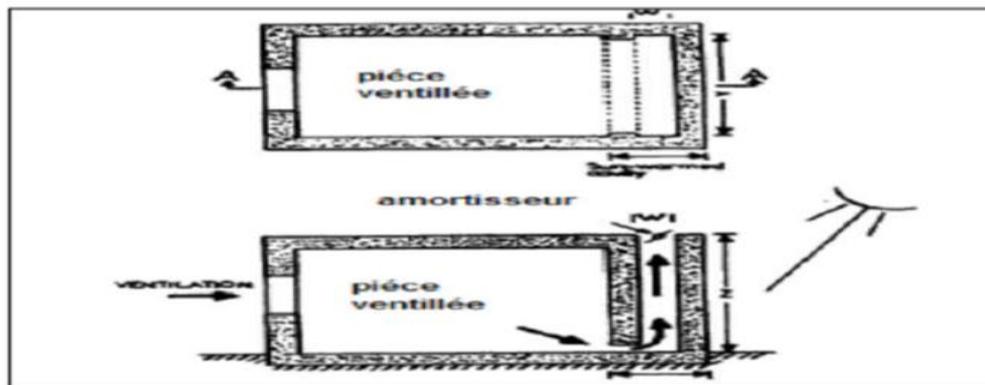


Figure. II.6. Cheminée solaire avec haute capacité de stockage thermique.

[6]

## II.7. L'effet de serre :

L'effet de serre est un processus naturel résultant de l'influence de l'atmosphère sur les différents flux thermiques contribuant aux températures au sol d'une planète. La prise en compte de ce mécanisme est nécessaire pour expliquer les températures observées à la surface de la Terre et de Vénus. Dans le système solaire, l'essentiel de l'énergie thermique reçue par une planète provient du rayonnement solaire et, en l'absence d'atmosphère, une planète

rayonne idéalement comme un corps noir, l'atmosphère d'une planète absorbe et réfléchit une partie de ces rayonnements modifiant ainsi l'équilibre thermique. Ainsi l'atmosphère isole la Terre du vide spatial comme une serre isole les plantes de l'air extérieur. [12]

### II.8. L'effet de convection naturelle :

La convection naturelle est un phénomène de la mécanique des fluides, qui se produit lorsqu'un gradient induit un mouvement dans le fluide. Le gradient peut concerner différentes grandeurs intensives telles que la température (« convection thermique »), la concentration d'un soluté (« convection soluté ») ou la tension superficielle (« convection thermo-capillaire »). La masse volumique dépendant de la température (et, le cas échéant, de la concentration), un gradient de température ou de concentration engendre des différences de masse volumique au sein du fluide, d'où résultent des variations latérales de la poussée d'Archimède qui sont à l'origine du mouvement. De tels déplacements s'appellent des mouvements de convection. Ils sont à l'origine de certains phénomènes océanographiques (courants marins), météorologiques (orages), géologiques (remontées de magma) par exemple.[13]

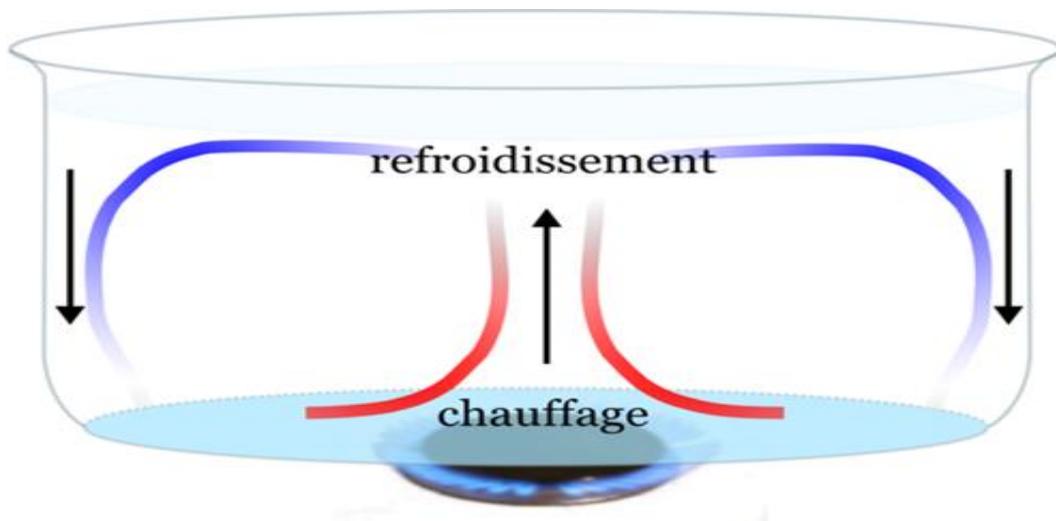


Figure. II. 7.Présentation de la convection dans une casserole.[13]

## II.9. Notion sur la ventilation naturelle :

Pour parler sur la ventilation naturelle, il est indispensable d'aborder les notions de base de cette dernière, et pour comprendre ce phénomène, en premier lieu on va aborder les bases physiques de la dynamique des fluides puis les moteurs naturels d'écoulement d'air et ont fini par la qualité d'air intérieur. [3]

### II.9.1. Bases physiques :

Pour arriver à comprendre les différents phénomènes de l'écoulement d'air en architecture, on doit d'abord comprendre quelques principes de base de la mécanique des fluides, ce qui nous intéresse ici c'est les trois principes suivants :

principe de continuité, le théorème de Bernoulli et l'effet thermosiphon.[3]

#### a. Principe de continuité :

-L'écoulement d'un fluide se fait sous forme des filets fluides dont l'ensemble constitue un tube de courant.

-La continuité exprime la conservation d'un fluide comme on le constate dans un tube de courant. Selon la figure II.8, on considère  $V$  et  $S$  sont respectivement les vitesses de fluide et surfaces de sections de tube de courant, que :

**Débit volume  $D_v = V_1 S_1 = V_2 S_2 = VS = \text{constante}$** [3]

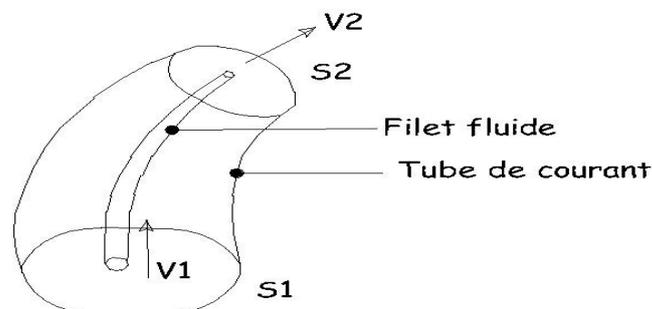


Figure.II.8. principe de continuité [3]

**b. Théorème de Bernoulli :**

Selon le théorème de Bernoulli, l'énergie se conserve dans un fluide en mouvement

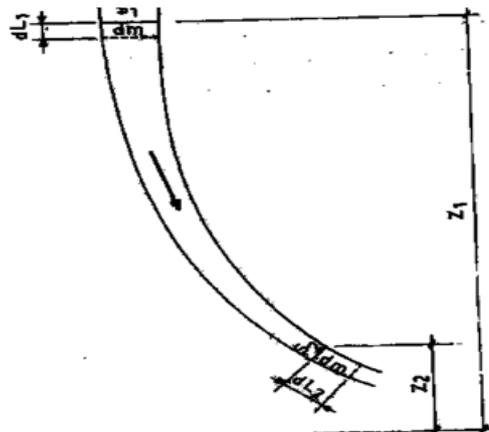


Figure. II. 9. Théorème de Bernoulli[3]

**II.9.2. L'Effet thermosiphon :**

Un effet thermique fournit un écoulement, grâce à la charge (motrice) qu'il crée égal à la perte de charge qu'elle subit l'écoulement. Autrement dit, quand dans un circuit de fluide, de la chaleur est fournie à un niveau plus bas et qu'elle est ensuite retirée à un niveau plus haut, un thermosiphon aura lieu ce qui induit un mouvement du fluide à l'intérieur du circuit. (Voire figure II.10), la charge (motrice) d'un thermosiphon croît avec la différence de hauteurs  $\Delta H$  et différence de températures  $\Delta T$  concernées.[3]

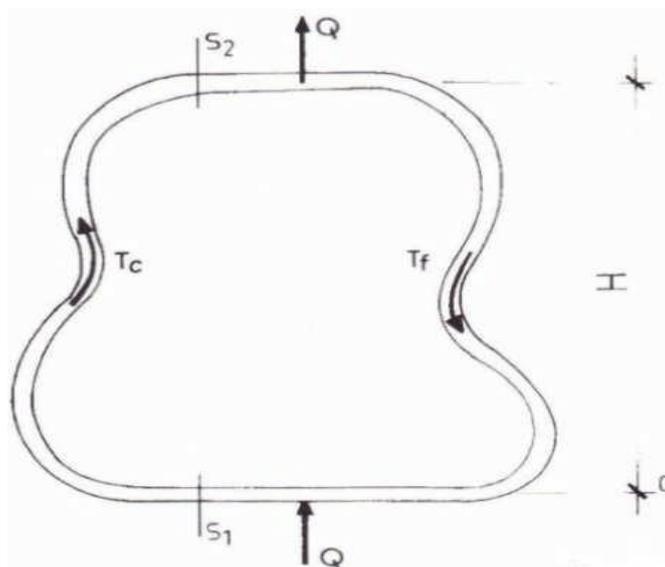


Figure. II.10.L'effet thermosiphon[3]

**II.10. Moteurs naturels de l'écoulement d'air :**

Les flux d'air qui traversent un bâtiment sont provoqués par la présence d'un gradient de pressions. Les différences de pression peuvent avoir deux origines : le gradient de températures entre l'air intérieur et l'air extérieur (force thermique) et l'action des vents (force du vent).

**II.10.1. Ventilation provoquée par la force thermique :**

Appelé aussi l'« effet cheminée » ou le « tirage thermique », ce phénomène est une conséquence directe de l'effet thermosiphon. Démontré précédemment, qui crée une charge motrice par différence de température entre deux parties d'une boucle, cette dernière entraînant un écoulement tel que cette charge est perdue par « perte de charge ». Ainsi, selon la figure (II.11) (1), la différence de température entre intérieur et extérieur de l'édifice crée une charge motrice  $(\rho_e - \rho_i) gh$ , ( $\rho_e$  et  $\rho_i$ ) étant respectivement les masses volumiques de l'air extérieur et intérieur) égale à la somme des pertes de charge subies par l'écoulement à travers les orifices d'entrée (par exemple les fenêtres f).

Dans certains cas, par exemple celui représenté par le schéma (3) de la figure (II.11), les thermosiphons n'ont pas la même charge motrice pour chaque niveau car les hauteurs  $h$  de « cheminée » ne sont pas les mêmes. (Benseba 2017).

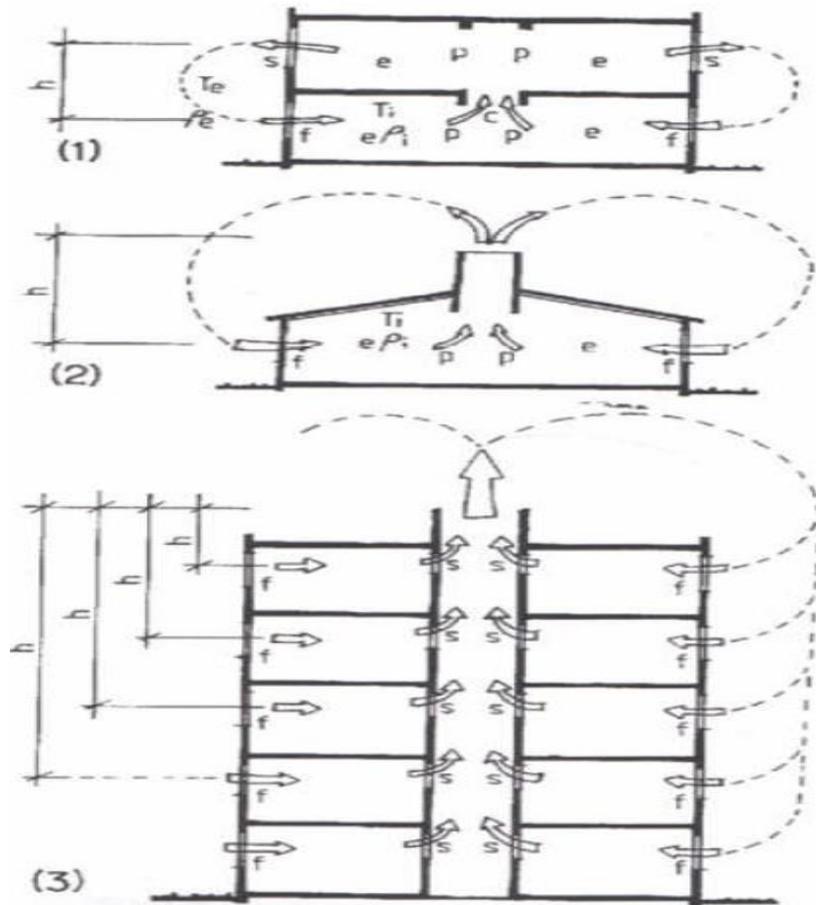


Figure. II.11. L'effet cheminée[3]

### II.10.2. Mouvement d'air dus à la pression du vent :

Sous l'effet du vent, une pression s'exerce sur l'extérieur du mur côté vent, tandis qu'une dépression s'applique au droit de la face sous le vent ; l'air pénètre donc par les ouvertures de la façade face au vent et ressort dans la zone de dépression.[3]

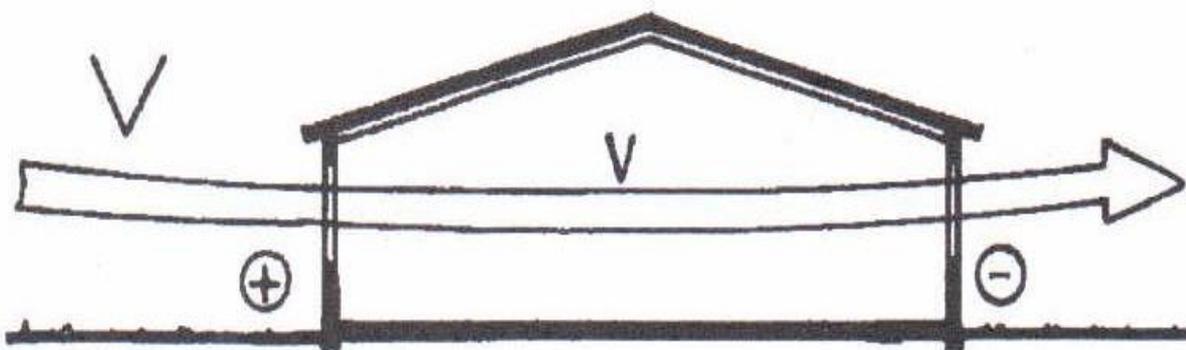


Figure. II.12. Effet du vent [3]

Le vent, en fonction des obstacles qu'il rencontre, crée des surpressions et dépression de telle sorte qu'il existe des différences de pression entre zones, c'est-à-dire des charges motrices tendant à provoquer un écoulement de la pression la plus haute vers la plus basse, comme on le voit sur la figure 13 où l'obstacle à inverser l'écoulement d'air. [3]

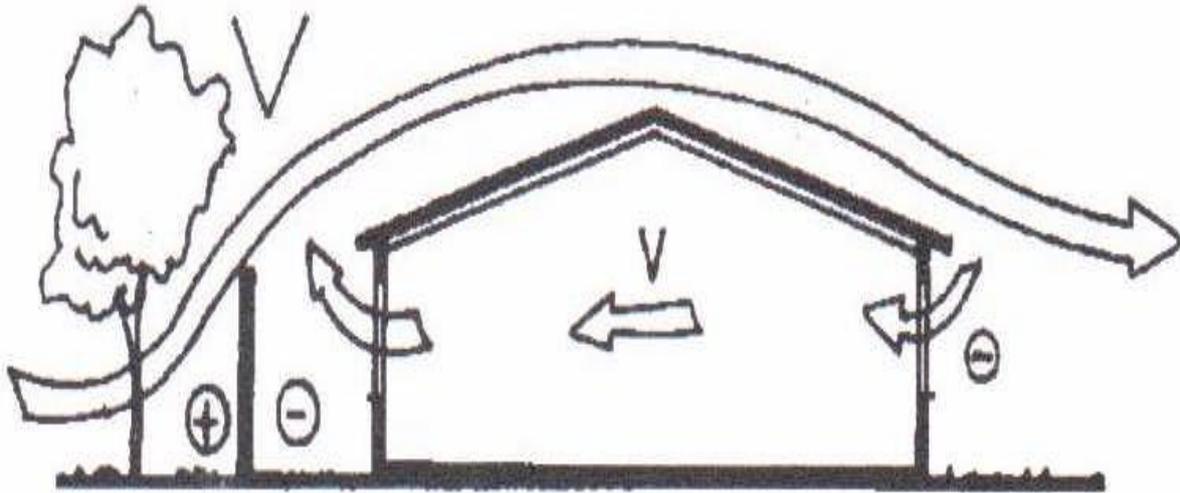


Figure. II.13..Effet du vent avec obstacle.[3]

### II.10.3. Effet combiné :

#### a. Le tirage thermique et la force du vent :

Les flux d'air réels que l'on rencontre dans les bâtiments résultent des effets combinés de la force thermique et de celle du vent. Le gradient obtenu sur une ouverture donnée est la somme algébrique des différences de pressions générées par chaque force prise séparément [3]

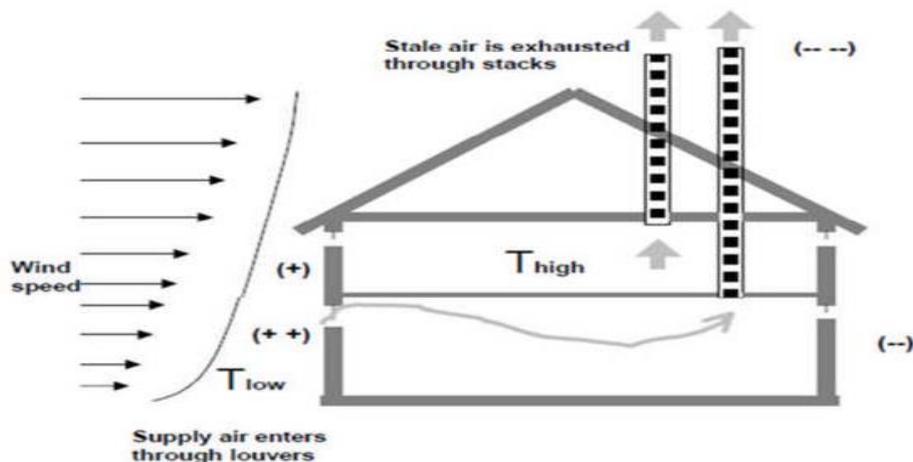


Figure. II.14. Tirage thermique et action du vent[3]

### II.11. Fonctions et exigences de la ventilation naturelle :

Les conditions de ventilation à l'intérieur d'un bâtiment sont parmi les principaux facteurs déterminants de l'hygiène de l'homme, de son confort et de son bien-être. Elles ont un effet direct sur le corps humain par l'effet physiologique de la pureté de l'air et de ses mouvements, et un effet indirect par leur influence sur la température et le taux d'humidité de l'air et des surfaces intérieure [3]

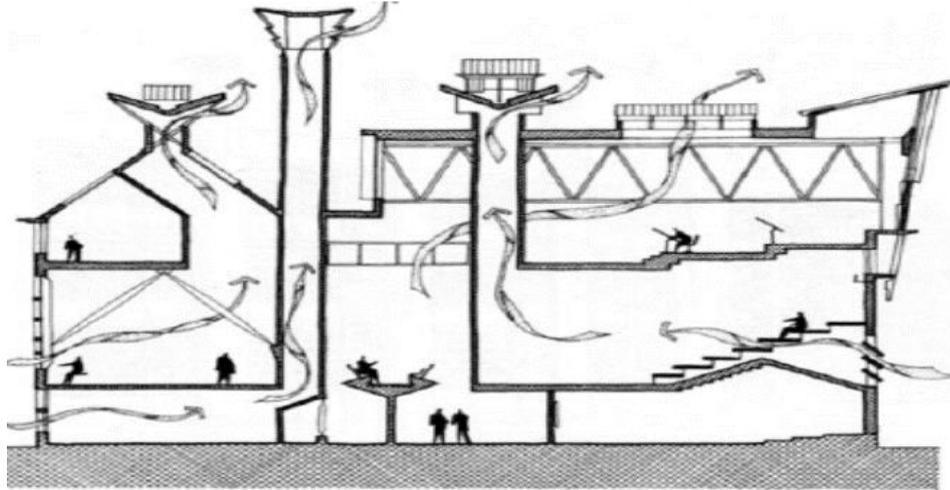


Figure. II.15. Section d'un bâtiment ventilé naturellement[3]

#### II.11.1. La ventilation hygiénique :

La fonction « ventilation hygiénique » est de fournir la quantité d'oxygène nécessaire pour la respiration, la combustion, etc., de prévenir l'excès du taux de dioxyde de carbone et les autres polluants.[3]

#### II.11.2. Le confort thermique :

Été comme hiver, nous recherchons tous le plus grand confort à l'intérieur de notre maison, avec une température agréable et adaptée. Cette sensation, que l'on appelle confort thermique se vit donc tout au long de l'année, et repose sur plusieurs critères, certains totalement subjectifs, d'autres liés à des paramètres environnementaux précis.[14]

Le confort thermique est une sensation physique, liée à la température, et qui est propre à chacun d'entre nous. En hiver, un bon confort thermique est lié à une sensation suffisante de chaleur (Ni trop, ni pas assez chaud). En été, il faut limiter cette sensation de chaleur et plutôt assurer une certaine fraîcheur à l'intérieur du logement. Le confort thermique peut donc se définir comme la sensation de bien-être ressentie dans une ambiance donnée, et relative à plusieurs critères, à la fois extérieurs et relatifs à chaque individus[14]

### **II.11.3. Ventilation et confort thermique :**

L'objet de la ventilation dans le confort thermique est de produire des conditions thermiques intérieures. Cela comprend la prévention de l'inconfort dû aux sensations de chaleur et à l'humidité de la peau. La ventilation se définit en termes de « **vitesse de l'air** » plutôt qu'en termes de « apports d'air neuf » ou de « renouvellement d'air » car il n'y a aucune relation directe entre flux quantitatif et vitesse de l'air à l'intérieur d'un bâtiment. Par exemple, un flux turbulent à débit faible peut provoquer des vitesses moyennes plus élevées dans la partie occupée d'un local qu'un flux laminaire à débit plus grand mais dirigé juste en dessous du plafond. Cette relation entre débit d'un flux et vitesse de l'air dépend aussi de la géométrie de l'espace et de la position des ouvertures. [3].

### **II.12. Effet de la ventilation naturelle à l'intérieur d'un édifice :**

Pour la bonne utilisation d'une ventilation naturelle dans un espace, il est indispensable de connaître l'effet du mouvement d'air à l'intérieur de celui-ci, pour cette raison on va aborder en premier lieu, l'influence de l'orientation d'un édifice par rapport au vent, puis l'influence de la position et dimension des ouvertures et on finit par l'influence des obstacles à l'intérieur de celui-ci.[3]

#### **II.12.1. Influence de l'orientation d'un édifice par rapport au vent :**

On distingue deux types de vent, les vents forts et les vents brises, les premiers constituent une nuisance et les seconds peuvent contribuer utilement à la ventilation naturelle, donc la répartition du champ de pression autour d'un édifice se fait suivant l'orientation de celui-ci par rapport à la vitesse de l'air et pour maximiser les surpressions sur une façade, il faut orienter cette dernière d'une manière qu'elle sera perpendiculaire au vent [3]

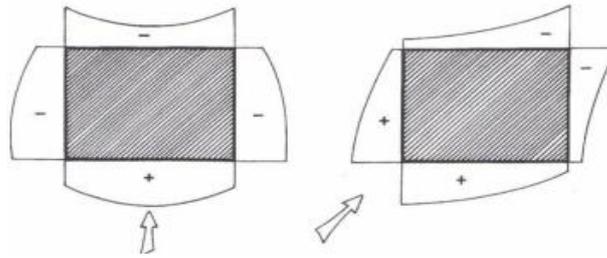


Figure. II.16. Les champs de pression sur un édifice en fonction de l'orientation par rapport au vent [3]

**II.12.2. Influence de la position et dimension des ouvertures :**

Un grand débit d'air n'est pas toujours suffisant à obtenir, mais, il faut qu'il soit réglable et que dans l'édifice le courant d'air permet d'atteindre certaine vitesse en des lieux voulus pour que la ventilation soit avantageuse pour le confort. Pour maîtriser le débit et la distribution des vitesses d'air à l'intérieur d'un espace il faut bien choisir les dimensions et les positions des ouvertures car cette dernière influencent le schéma des déplacements d'air intérieur, dans les figures qui suit sont définis les différents schémas d'écoulement d'air.[3]

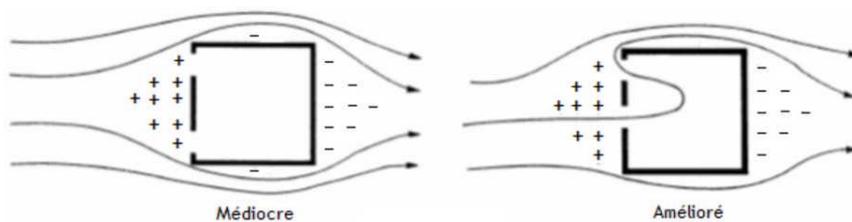


Figure. II.17. Influence du positionnement des ouvertures. Ventilation simple exposition[3]

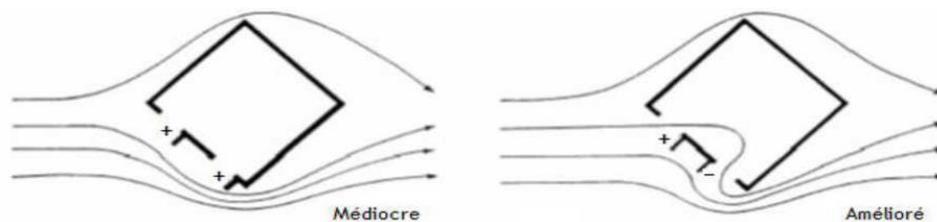


Figure. II.18 influence du positionnement de déflecteur. Ventilation simple exposition [3]

Pour le maximum d'efficacité, les entrée et sortie d'air devraient avoir la même taille. Si ce n'est pas possible, les ouvertures d'entrées d'air devraient être les plus petites pour maximiser la vitesse d'air et le confort d'été. [3]

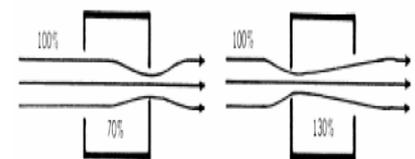


Figure. II.19. influence de la taille des ouvertures[3]

**II.12.3. Influence des obstacles à l'intérieur d'un espace :**

L'organisation intérieure et le type d'ouverture jouent un rôle important sur la démunitions des vitesses d'air à l'intérieur d'un espace, donc il est indispensable de les bien choisir, pour cette raison on va aborder en premier lieu l'influence des cloisons interne puis l'effet de moustiquaires.[3]

**a. L'influence des cloisons interne :**

L'air change de direction face à une cloison, ce qui induit la démunitions de sa vitesse d'entrée, donc les vitesses étaient les plus faibles lorsque la cloison était en face et à proximité de la fenêtre, en conséquence, les meilleures conditions acquises lorsque les cloisons étaient proches de la sortie d'air. Dans les édifices où l'air devrait passer d'une pièce à l'autre, tant que les communications entre les pièces restaient ouvertes lorsque la ventilation est nécessaire, la meilleure ventilation qui sera possible c'est quand les pièces « amont » soit plus grande. [3]

**b. L'effet de moustiquaires :**

Dans certaines conditions climatiques, la vitesse d'air qui semblaient satisfaisante pour d'autre condition, sera nuisible comme pour les climats chaud et sec, pour cette raison les moustiquaires interviennent dans une grande partie du monde, sous les Tropiques, car elles veillent sur la réduction des flux d'air pénétrant par les fenêtres, surtout si le vent extérieur est léger, et que la direction du vent est oblique sur la fenêtre. [3]

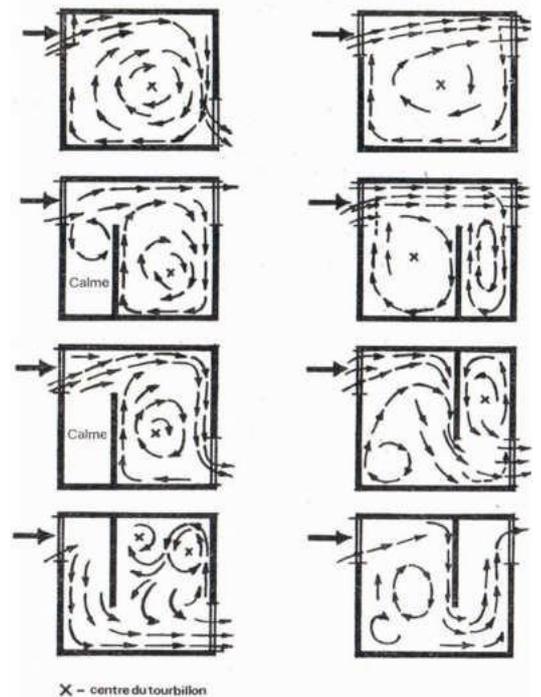


Figure. II.20. Régime des flux d'air dans des modèles subdivisés intérieurement[3]

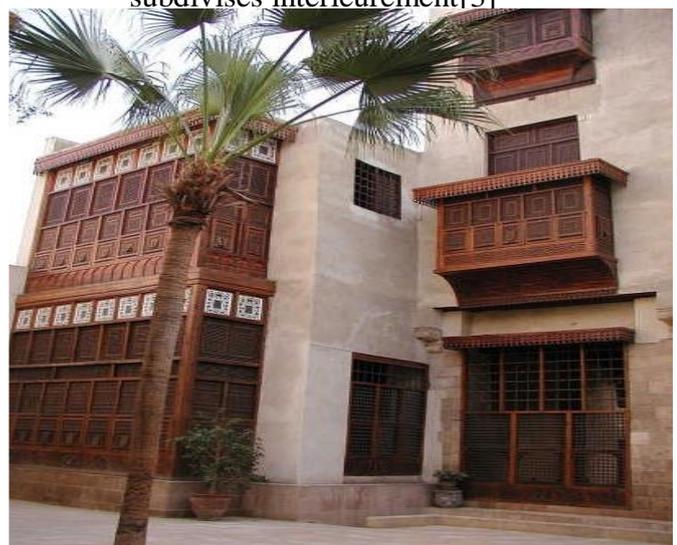


Figure. II.21. mostiquaire, Le Caire, façade d'une ville modèrent [4]

**II.13. Mode de ventilation naturelle :****a. Ventilation traversante :**

En ventilation traversante ou ascendante sans cheminée générale, l'air traverse très souvent deux espaces utiles ou un ensemble d'espaces en série. Cela signifie que les espaces ne sont pas refroidis avec les mêmes températures d'entrée d'air, puisque la température d'un espace qui suit correspond à la température de sortie d'un espace antérieur. Donc la meilleure organisation d'espace construit est de placer les volumes qui ont besoins le plus de refroidissement sur l'entrée directe d'air extérieur. Par exemple si une cuisine n'a pu être isolée et est contigüe à un séjour, l'air doit d'abord pénétrer dans ce dernier Figure. II.21) [3]

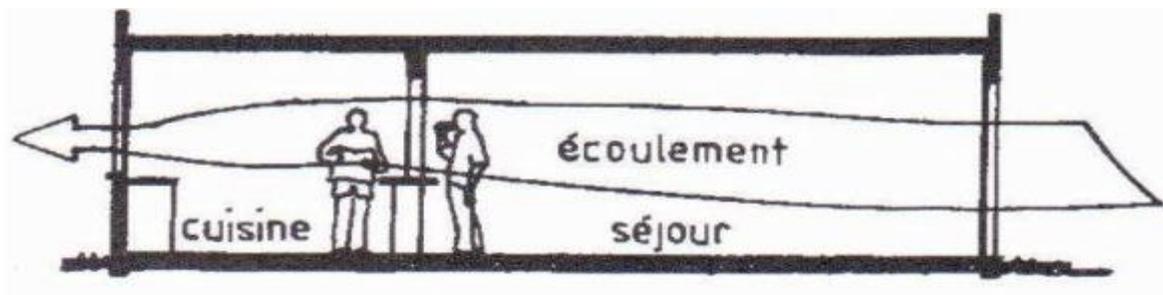


Figure. II.22. Ventilation traversante. [3]

**b. Ventilation mono-exposition :**

Contrairement à la ventilation traversante qui se caractérise par des ouvertures de part et d'autre, la ventilation « mono façade » se dit lorsque toutes les ouvertures sont disposées d'un seul côté.[3]

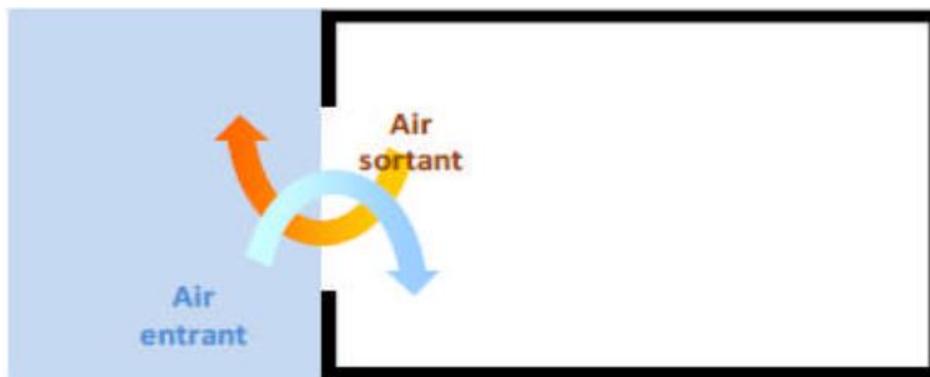


Figure. II.23. La ventilation simple exposition [3]

Le renouvellement d'air en cette ventilation se fait par deux mécanismes, l'effet thermique et celui du vent

La ventilation traversante peut ventiler efficacement des pièces bien plus profondes (cinq fois la hauteur sous plafond) que la ventilation à exposition simple. Donc pour ce type de ventilation, pour bien profiter de l'effet thermique et celui du vent, nécessite une conception particulière des édifices, bien sûr c'est cela possible, quelques stratégies adoptées sont schématisées sur ce qui suit : [3]

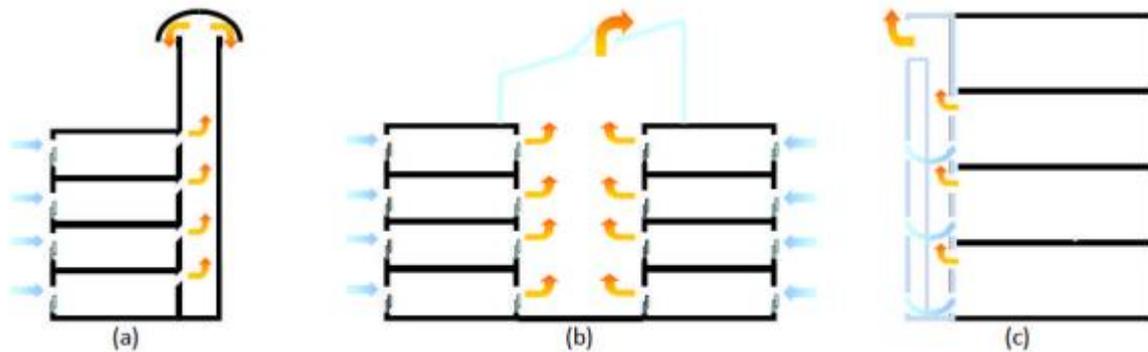


Figure. II.24. exemple de solutions architecturales favorisant la ventilation traversante(a) cheminée,(b)atrium,(c)double peau [3]

**C. Ventilation par conduit vertical :**

Ce type de ventilation vient pour surmonter la plupart des problèmes liés à la ventilation mono façade et améliorer aussi quelques fois les stratégies de ventilation traversante.

La ventilation par effet cheminée suppose que l'espace contient une ouverture en haut de l'espace à ventiler et une autre en bas, le réchauffement d'air entraîne des mouvements ascensionnels de ce dernier. Aujourd'hui, ce type de ventilation s'avère utilisable d'une manière moderne, à travers des dispositifs à plusieurs conduits dont l'air rentre dans un conduit froid puis est extrait par conduit chaud.[3]

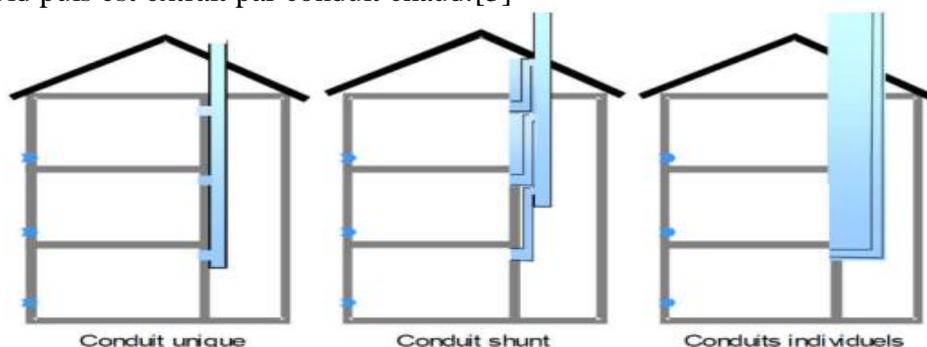


Figure. II.25. Exemple d'intégration de conduits de ventilations naturelle.[3]

**CHAPITRE III :**

**ÉTUDE**

**COMPARATIVE**

**III.1. Introduction**

On présente dans ce chapitre l'étude comparative, ou ont comparent entre les configurations de cheminées solaire (verticale, incliné .....etc.) qui a été étudié par certains chercheurs et auteurs dans le but d'améliorer la ventilation et le rafraîchissements d'air dans les maisons (les chambres).

**III.2. Description de problème :**

La plupart des régions du monde, en particulier les zones désertiques, sont témoins du phénomène de réchauffement climatique, qui conduit à une augmentation remarquable et insupportable des températures dans les maisons et les complexes résidentiels. Afin d'adoucir l'atmosphère dans de telles maisons, il faut trouver un moyen pratique et peu coûteux, qui consiste à construire une cheminée solaire à l'intérieur de la maison dans le but d'extraire l'air chaud. Dans cet axe, nous discuterons du ces cheminées efficacité l'atmosphère des bâtiments, en plus d'une comparaison entre certains de leurs types.

**III.3. Situation géographique et climatique :****a. Situation géographique :**

Ouargla est une ville du Nord-Est du Sahara algérien et le chef-lieu de la wilaya d'Ouargla à 141 mètres d'altitude. L'agglomération compte 564 ,465 habitants en 2019, dont 133 024 pour la seule commune d'Ouargla.

Sa wilaya constitue un pôle économique en réserves de gaz et de pétrole, contenues sur le territoire de Hassi Messaoud  $71,237\text{Km}^2$  la commune dispose d'une superficie considérable. Ouargla possède un climat désertique chaud.

Ouargla est une des villes les plus anciennes du Sahara, elle connaît un essor grâce au commerce transsaharien, Son ksar est l'un des plus grands et les plus actifs du Sud algérien.

[10]



Figure. III. 1 Localisation de Willaya d'Ouargla[5]

**b. Situation climatique :**

Ouargla a un climat désertique chaud. La ville possède des étés très longs et extrêmement chauds et des hivers courts et agréables. Les températures moyennes de la ville sont les plus élevées des grandes villes d’Algérie. La température du mois de juillet qui est le mois le plus chaud est d’environ 43 °C. Le climat y est particulièrement aride et très peu pluvieux avec un ciel dégagé la plupart du temps. Les précipitations enregistrées dans la ville de Ouargla sont limitées à seulement 45 mm par an en moyenne.[10].

Données climatiques enregistrées au niveau de la station météorologique d'Ouargla durant l'année 2020										
Année	Mois	Tmin en °C	Tmax en °C	Tmoy en °C	Hmin en %	Hmax en %	Hmoy en %	Vent max en m/s	Pluies en mm	Insolation en heure
2020	Janvier	3,2	19,5	11,4	27	70	49	6,0	0,0	258,5
	Février	6,6	23,9	15,3	21	61	41	6,9	0,0	271,2
	Mars	11,4	26,2	18,8	19	58	38	11,7	2,4	250,8
	Avril	16,6	31,1	23,9	16	55	35	11,4	4,5	279,3
	Mai	21,6	37,4	29,5	12	37	25	11,3	2,7	284,2
	Juin	25,5	41,0	33,2	10	31	21	11,1	0,0	213,7
	Juillet	28,2	43,2	35,7	10	31	21	10,7	0,0	321,4
	Août	27,7	43,6	35,6	10	29	20	9,0	0,0	354,1
	Septembre	23,2	37,7	30,4	17	51	34	9,4	3,8	278,2
	Octobre	15,9	29,9	22,9	21	53	37	10,3	0,0	289,4
	Novembre	11,3	24,8	18,1	28	64	46	7,9	0,0	239,2
	Décembre	6,9	19,8	13,3	30	66	48	9,1	0,0	230,5

III.4. Enquête sur la situation des bâtiments publics à Ouargla :

III.4. 1. Edifices de l'époque coloniale à Ouargla :

En somme, la ville coloniale de Ouargla a connu l'édification de vingt-trois (23) bâtiments publics répartis en onze (11) secteurs de fonctionnement, incluant l'hôtellerie et le tourisme, le sacré, poste et télécommunication, militaire, justice, culture ...etc.  
Tableau.III.2.[15]

Tableau.III.3. Edifices de l'époque coloniale à Ouargla[15]

Edifices			
Hôtellerie et tourisme			
	Hôtel Bernabé 1881 Source : OGEBEC Ouargla, 2016.	Hôtel Transatlantique 1934 Source : OGEBEC Ouargla, 2016.	Dar Diaf 1932 Source : PILLET, 1997
Sacré			
	Eglise du Ksar 1923 Source : PILLET, 1997.	Eglise de Ouargla 1933 Source : HUMBERT, 2000.	
Poste			
	poste radio-télégraphe 1915 Source : OGEBEC Ouargla, 2016.		
Administratif			
	La mairie 1961 Source : OGEBEC Ouargla, 2016.		
Militaire			
	Sous-préfecture 1902 Source : OGEBEC Ouargla, 2016.	Bordj Chandez 1886-1887 Source : OGEBEC Ouargla, 2016.	Bordj Lutaud 1907 Source : OGEBEC Ouargla, 2016.
	Bordj de la Casbah 1883-1884	bordj du Génie 1917-1918	
Justice			
	Justice de paix 1888 Source : OGEBEC Ouargla, 2016.		

A travers la lecture des édifices publics de la période coloniale à Ouargla, on conclut que les styles adoptés pour l'architecture des façades des édifices publics de la période coloniale à Ouargla sont : [15]

Les façades des édifices se caractérisent par :

- Les édifices sont d'un gabarit de RDC(Rez-De-Chaussée).
- Edifices qui se développent en longueur

- Flanqués d'une galerie d'arcade.

- Des toitures en coupoles.

### **III.5. Caractéristiques constructives du bâtiment cas d'étude :**

#### **III.5. 1. Définition des matériaux de construction :**

Les matériaux de construction sont chacun des éléments que nous pouvons utiliser dans l'achèvement d'un bâtiment ou d'un projet qui peut être utilisé et utilisé à n'importe quelle fin de notre vie, que ce soit dans le logement, la route ou tout moyen de transport tel qu'une voiture, un avion. ou navire, et en ce qui nous concerne, nous étudierons les types de matériaux utilisés dans la réalisation d'un projet de logement ou de traitement public.

Les matériaux de construction sont divisés en deux parties :

##### **a. Les matériaux de construction traditionnels :**

Tels que les pierres, le sable, le gypse(timchemt), la chaux, l'argile et les matériaux végétaux tels que les roseaux, les palmiers, le bois, etc.

##### **b. Matériaux de construction modernes :**

Tels que le verre, le béton armé composé de (ciment, sable, gravier et fer), le marbre, les matériaux métalliques (comme l'aluminium et le cuivre), les matières plastiques, etc.

Les matériaux de construction sont importants pour résister aux facteurs naturels. Dans le domaine de la construction, de nombreux matériaux sont utilisés, qu'ils soient solides comme la pierre et le bois, ou des matériaux en vrac comme le sable, le ciment et autres. Il est important que ces matériaux soient conformes aux exigences de l'entreprise et aux spécifications de qualité.

**III.5.2. Types de matériaux de construction :****III.5.2.1. Les matériaux de construction traditionnels :****•Sable :**

Le sable est abondant dans les zones désertiques et les zones côtières. Il s'agit de granules très petits, secs et incohérents qui ressemblent à des cors. Leur couleur est principalement jaune et, dans certaines régions, il est blanc, tendant au blanc transparent.

**•Gypse traditionnel (Timchmt) :**

Le gypse traditionnel, ou Thimchamt, est un matériau connu depuis l'Antiquité qui se forme à partir de liaisons hydriques et est une substance naturelle solide constituée de sulfate de calcium d'hydraté ou de sulfate de calcium aqueux de formule chimique  $2H_2O.CaSO_4$ . Il appartient à l'origine aux roches sédimentaires et interfère avec minéral anhydrite ( $CaSO_4$ ) de couleur grise ou blanche qui a parfois tendance à être rouge.[16]

**III.5.2.2. Matériaux de construction modernes :****•Le Ciment :**

C'est une substance grise, douce au toucher, constituée de la combinaison de quatre composés chimiques, à savoir : l'oxyde de calcium, l'oxyde de silicium, l'oxyde de fer et le corindon, et grâce aux propriétés de ces matériaux, il a abouti à une substance forte et adhésive qui lie fortement les composants des matériaux de construction, Ils résistent à diverses conditions environnementales et naturelles.[16]

**•Le Béton :**

On l'appelle le mélange de béton, et c'est un mélange composé principalement de sable, de ciment et d'eau, utilisé pour renforcer les fondations des bâtiments, couler les toits, construire des routes, etc.

•Le Fer :

Il est impossible de construire un bâtiment sans la présence de fer, car le fer ou le processus dit de renforcement est une étape importante du renforcement du bâtiment, et l'établissement de sa fondation, c'est l'épine dorsale de l'ensemble de l'installation, et tout défaut de celui-ci entraîne la chute du bâtiment et sa démolition.

•Les Carreaux :

Il s'agit d'une coupe carrée, utilisée pour le revêtement de sols, et il en existe plusieurs types tels que : les carreaux réguliers, la céramique, le marbre et autres.

III.6. Quelques configurations des cheminées solaires :

III.6.1. Cheminée solaire verticale :

Ce type est le plus rencontré, où l'entrée d'air se fait par l'ouverture au fond et la sortie par l'ouverture au-dessus. Par convention, trois types de cheminée sont dénotés selon l'admission (figure III.1). Le positionnement de l'ouverture d'admission représente trois manières possibles, d'intégrer La cheminée solaire dans un bâtiment pour la ventilation naturelle.[17]

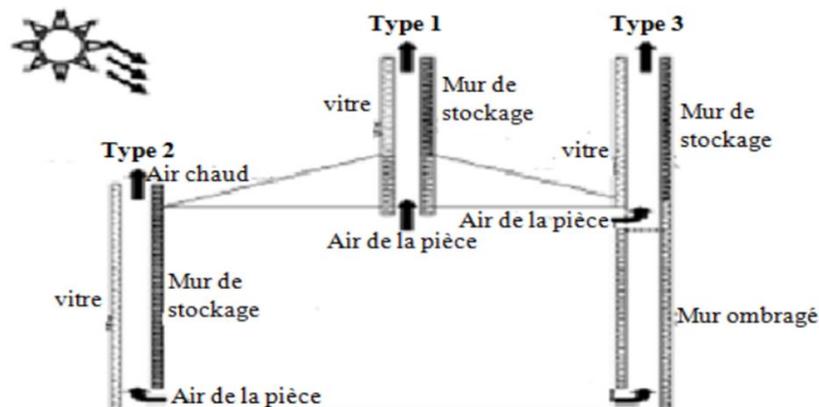


Figure. III. 2 Types de cheminée solaire selon l'ouverture d'entrée ,et leur position pour la ventilation naturelle [18]

### III.6.2. 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. [17]

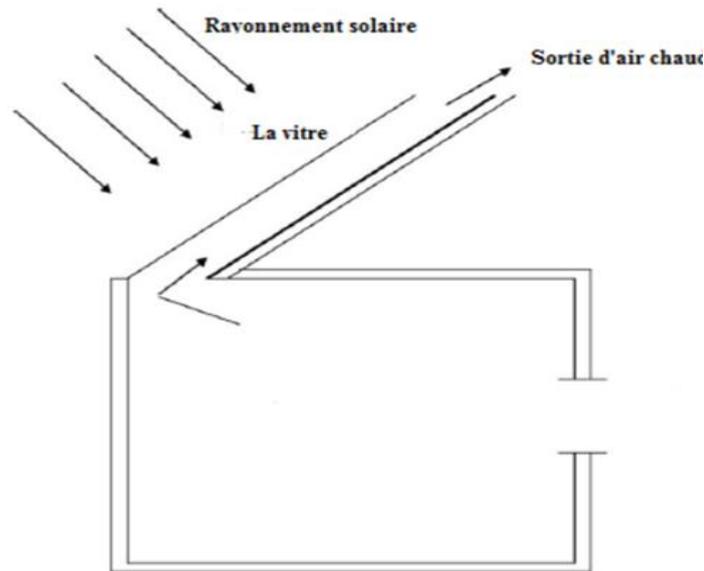


Figure. III. 3. Installation d'une cheminée solaire inclinée [9]

### III.6.3. Cheminée solaire relié avec une puis canadienne :

Un système intégrant à la fois un ECAS et une cheminée solaire (CS) destiné au refroidissement en se basant sur la ventilation naturelle a été proposé par [19]. La CS est un dispositif de tirage naturel qui utilise l'énergie produite par le rayonnement solaire pour accumuler la pression de la cheminée et, par conséquent, pour faire circuler l'air dans la cheminée. [20]

Le système ne fonctionne que le jour vu qu'il utilise le rayonnement solaire comme une source pour faire tourner le système. Le système se compose de deux parties : la CS et l'ECAS. La CS étudié par [19] compose d'une surface de verre orientée vers le sud et d'une paroi absorbante qui fonctionne comme une surface de captation. L'air est chauffé dans le CS par l'énergie solaire, et circule vers le haut à cause de l'effet de cheminée. Il provoque une force motrice qui aspire l'air extérieur à travers le tuyau de refroidissement [20]

L'ECAS se compose de longs tuyaux horizontaux qui sont enterrés sous la surface nue à la profondeur spécifique. Les tuyaux sont étendus sous le sol de manière parallèle (Figure III.3).

De plus, ce système avec une bonne conception peut également fournir un environnement intérieur thermiquement confortable selon la norme du confort thermique pour un grand nombre d'heures pendant les journées d'été torrides.

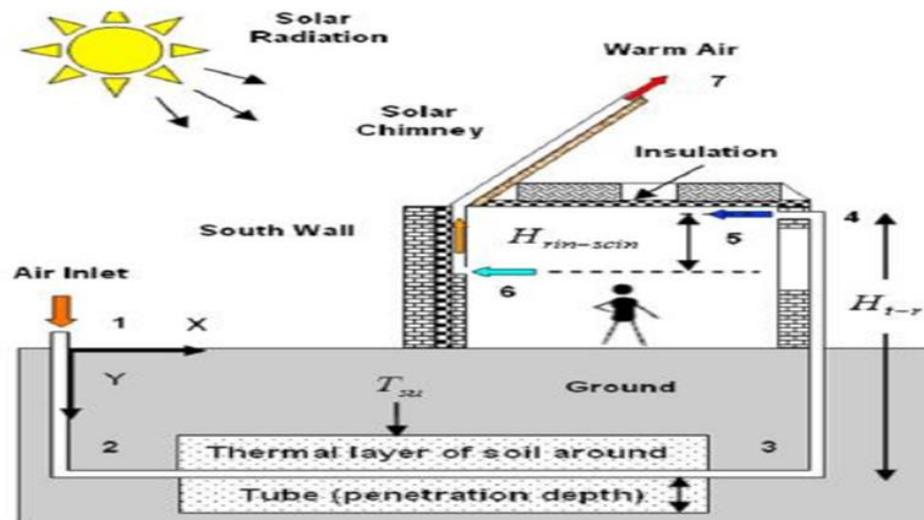


Figure. III. 4 Schéma de principe intégrant un ECAS et une CS[19]

### III.6.3. 1. Avantages d'échangeur air- sol :

1. Apporte de l'air frais en été.
2. Apporte de l'air tempéré en hiver.
3. Consomme peu d'énergie.
4. Coût du matériel très faible.
5. Apporte de l'air pur.
6. Évite la climatisation.

**III.6.3. 2. Inconvénients d'échangeur air- sol :**

1. Inutile à la mi-saison.
2. Peut apporter des micro -organismes la maison.
3. Technique de pose relativement délicate.
4. Coût de terrassement important.
5. Entretien délicat.

**III.6.4. Ventilation par cheminé solaire avec des pentes de capteurs solaires :**

Une cheminée solaire incorporée au toit d'une construction est montrée sur le schéma (III.4). Un capteur solaire vitré installé sur le toit en pente, réchauffe l'air avant qu'il monte dans la cheminée.

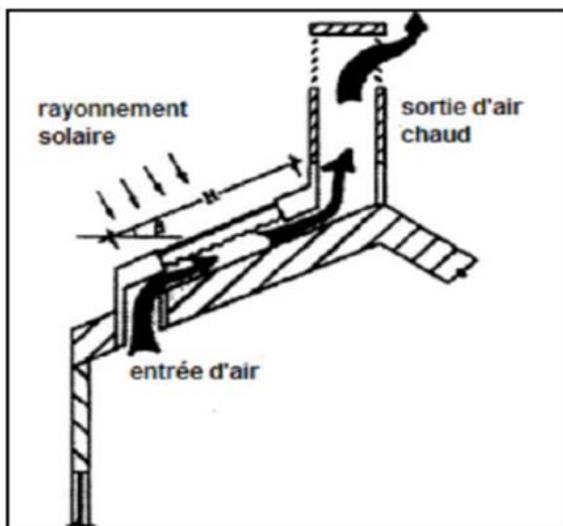


Figure. III.5. Photo de la cheminée solaire[3]



Figure. III. 6 Cheminée solaire avec des pentes de capteurs solaires[6]

## III.7. Comparaison entre différent type de la cheminée solaire

Tableau.III.3 : comparaison entre les types et l'efficacité des cheminées solaires

Référence	Type de la cheminée solaire	Efficacité de la cheminée solaire
[17]	Cheminée solaire verticale	La cheminée verticale a l'avantage, d'être intégrés facilement avec des façades de bâtiment, même des fenêtres de petite taille, orienté vers le sud peuvent également être employés comme des cheminée solaire. Mais la plus grande limitation de cette disposition est celle en mois d'hiver, quand le soleil s'attaque vers le sud à la latitude relativement inférieure, pendant des jours d'été, le taux de ventilation réduit en raison d'une altitude du soleil beaucoup plus élevé.
[17]	Cheminée solaire inclinée	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 l'endroit géographique comme l'Inde, quand les cheminées verticales sont moins efficaces en capturant la quantité maximum de rayonnement solaire due à une altitude plus élevée du soleil, le rendement de la cheminée solaire a été d'environ 65%
[20]	Cheminée solaire relié avec une puis canadienne	Les résultats de l'étude montrent que la combinaison des systèmes avec la stratégie de contrôle adoptée réduit respectivement de 70% et 66% l'énergie nécessaire pour chauffer et refroidir le bâtiment, ce qui représente une réduction annuelle totale de 68%. De plus, le système a pu augmenter le taux de confort thermique à 84% des heures de confort au cours de l'année. Ce pourcentage est en accord avec les taux recommandés par la norme ASHRAE pour le confort thermique.
[2]	Ventilation par cheminé solaire avec des pentes de capteurs solaires	L'avantage de ce système est que le capteur solaire aide en augmentant les gains solaires et la pente de la toiture peut être conçue pour capter la radiation solaire maximale.

# **CONCLUSION GÉNÉRALE**

### Conclusion générale

Dans ce travail, nous avons étudié les différentes configurations de cheminée et les résultats obtenus à travers lesquels nous pouvons déduire les points, y compris les cheminées solaires verticales, obliques et inclinées jusqu'à la cheminée solaire idéalement pour faire fonctionner le système de refroidissement souterrain pendant la journée pour le confort thermique et comment l'aspiration qui en résulte peut être utilisée à sa base pour ventiler et rafraîchir l'édifice. Le fonctionnement de la cheminée dépend du rayonnement solaire car la température dans l'édifice s'élève pendant les heures ensoleillées. Le poêle intervient pour créer un courant d'air à l'intérieur de l'édifice par circulation due au renouvellement de l'air.

Pour que l'on puisse déduire de chaque chapitre ce qui suit:

Nous avons parlé dans le 1er chapitre des informations générales sur la cheminée solaire et de la façon dont l'idée de ventilation par la cheminée solaire était au cours des âges en utilisant le mouvement thermique de l'air chauffé passif dans un canal exposé au rayonnement solaire.

L'aspiration qui en résulte peut être utilisée dans sa base pour ventiler et refroidir le bâtiment et tout cela provient du rayonnement émis par le rayonnement solaire même. La petite partie qui atteint la surface de la terre qui est absorbée et a des mesures et des outils pour le rayonnement solaire, sa structure et ses avantages et inconvénients.

Par conséquent, nous avons parlé de cheminée solaire dans les cheminées. Le Sahara algérien frappé par la sécheresse a un grand potentiel en énergie renouvelable.

Dans le 2eme chapitre les différents modèles des équations simple aérodynamique sont présentés avec un bilan énergétique de capteur solaire, Principe de fonctionnement de la cheminée solaire, effet de serre, effet de convection naturelle. Nous sommes intéressés aussi dans ce chapitre aux effets de la ventilation naturelle à l'intérieur d'un édifice et à l'influence des obstacles à l'intérieur d'un espace, Mode de ventilation naturelle.

Dans le 3eme chapitre on déduit La cheminée solaire est une idée attrayante pour beaucoup de chercheurs dans différents champs. En vue d'améliorer la ventilation naturelle, différentes configurations de la cheminée ont été étudiées et expérimentées. Le présent

chapitre comparé entre les différentes configurations, et les différents résultats atteints, par certains auteurs, d'où nous pouvons conclure les points suivants :

1. Les cheminées solaires verticales sont moins efficaces en été en raison d'une altitude du soleil beaucoup plus élevé.
2. Les cheminées inclinées sont plus efficaces que les cheminées verticales.
3. 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 soleil.
4. Les résultats des études ont montré que la cheminée solaire peut être parfaitement utilisée pour alimenter le système de refroidissement souterrain pendant la journée, sans avoir besoin d'électricité. De plus, ce système avec une bonne conception peut également fournir un environnement intérieur thermiquement confortable selon la norme du confort thermique pour un grand nombre d'heures pendant les journées d'été torrides.

# BIBLIOGRAPHIE

### Référence bibliographique :

- [1] Farida, A., CALCUL D'UN ECOULEMENT DANS UNE TUYERE MINIATURISEE, 2010/2011.
- [2] KHALDI, S., Etude-numérique-de-la-ventillation-naturelle-par-la-cheminée-solaire, 2013.
- [3] Benseba, C., La ventilation naturelle pour le confort d'été dans le contexte climatique Algérien, 2017, Université Mouloud Mammeri.
- [4] Moucharabieh. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Moucharabieh#/media/Fichier:GD-EG-Caire-Suhaymi033.JPG>.
- [5] willaya-de-ouargla. <https://www.univ-ouargla.dz/index.php/fr/accueil/presentation-de-l-universite/willaya-de-ouargla.html>.
- [6] Mehani, I. and N. Settou, Passive cooling of building by using solar chimney. International Journal of Architectural and Environmental Engineering, 2012. **6**(9): p. 735-739.
- [7] Semmani, K., Simulation numérique d'une cheminée solaire, 2013, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.
- [8] MOHAMMED, M. and B. ABDELAZIZ, Etude et Réalisation d'une cheminée solaire, 2019, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA.
- [9] pubs.sciepub. <http://pubs.sciepub.com/rse/2/1/7/index.html>
- [10] Ouargla. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Ouargla>.
- [11] Schlaich, J., W. Schiel, and K. Friedrich, Solar chimneys. Periodical, 1983. **3**: p. 45.
- [12] BOUANANI, M. and A. DJELAILI, PERFORMANCE EN ÉTÉ, DE LA CHEMINÉE SOLAIRE SUR TOIT INCLINÉ PAR LA VENTNATURELLE. IATURELLE.
- [13] Convection\_thermique. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Convection\\_thermique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Convection_thermique)
- [14] [www.afr-climatisation.fr/confort-thermique-definition/](http://www.afr-climatisation.fr/confort-thermique-definition/).
- [15] Mebarka, F., Eléments et composition des façades des édifices publics de l'époque coloniale au Sud-est Algérien. 2018/2019.
- [16] sadiia , s., الحرارة على صناعة الجبس التقليدي (تيمشمت), دراسة تأثير درجة, 2020/2019.
- [17] Zineb, A., ÉTUDE DE COMPORTEMENT D'UNE CHEMINÉE SOLAIRE EN VUE DE L'ISOLATION THERMIQUE, 2010/2011.
- [18] Gan, G., Simulation of buoyancy-induced flow in open cavities for natural ventilation. Energy and Buildings, 2006. **38**: p. 410-420.

- [19] Maerefat, M., and Haghghi, A. P. (2010). Passive cooling of buildings by using integrated earth to air and heat exchanger and solar chimney. *Renewable Energy*. 35.
- [20] Cherif, L.M., Modélisation du comportement thermique d'un bâtiment équipé de système combiné, capteur solaire et puits canadien, 2018/2019.

## المخلص:

في هذه المدكرة قمنا بدراسة عامة حول المداخن الشمسية لتلطيف الجو داخل المباني في المناطق الصحراوية، كما تطرقنا لدراسة نماذج من المداخن من أجل تلطيف الجو واستخلصنا من المقارنة بين هذه النماذج أن المدخنة الشمسية المدعمة ببئر كندي أكثر نجاعة من باقي النماذج.

الكلمات المفتاحية: التهوية الطبيعية، الراحة الصيفية، الإنعاش السلبي، كفاءة استخدام الطاقة

## *Summary:*

In this present thesis, we have made a general study on solar chimneys for the cooling of the air inside buildings in desert areas. We also studied models of chimneys in order to soften the air, and we concluded from the comparison between them that solar chimney connected with Canadian wells is more efficient than the rest of the models.

Keywords : **Natural ventilation, summer confort, passive refreshment, energy efficiency.**

## *Résumé :*

Dans ce présent mémoire, Nous avons fait une étude générale sur les cheminées solaires pour le réfrèchement de l'air à l'intérieur des bâtiments dans les zones désertiques. Nous avons également étudié des modèles de cheminées afin d'adoucir l'air, et nous avons conclu de la comparaison entre eux que cheminée solaire relié avec une puis canadienne est plus efficace que le reste des modèles.

Mots-clés : **Ventilation naturelle, confort d'été, rafraichissement passif, efficacité énergétique.**