

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DE GENIE  
MECANIQUE



DOMAINE : SCIENCE ET TECHNOLOGIE  
FILIERE : GENIE MECANIQUE  
OPTION : FABRICATION & PRODCTIQUE

N° : .....

Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique

Par: Mamlouki MOHAMMED

Boufares ABDELAZIZ

Intitulé

**Etude et Réalisation d'une cheminée solaire**

**Soutenu devant le jury composé de:**

Mr. Debih A	Université M'SILA	Président
Mr. Saib CHERIF	Université M'SILA	Rapporteur
Mr. Samir MABRAk	Université M'SILA	Examineur
Mr. Doudari	Université M'SILA	Examineur

**Année universitaire : 2018 /2019**



# DEDICACE

*C'est avec une grande émotion,  
Je dédier ce modeste travail de fin  
D'étude aux êtres les plus chères :  
Mes grands-parents et mes parents  
qui ont fait de moi ce qui je suis aujourd'hui  
et qui ont veillé de guider mes pas durant tout ma vie  
par leurs aides, leur grands émotions et leur sacrifice*

*A toute Ma famille*

*A tous Mes amis*

*Boufares Abdelaaziz*

*Au nom du dieu le clément le miséricordieux*

## Remerciements

*Avant tout nous remercions DIEU qui nous a donné la patience de terminer ce travail.*

*Nous tiendrons à remercier grandement les êtres les plus chères au monde : nos mères et pères qui ne cessent de nous prodiguer des conseils pour nous incruster l'idée : que les études sont les seules clés de réussite dans la vie.*

*Nous tenons grand merci à Dr SAIB Chrif pour les efforts faisaients durant l'année universitaire, et pour leurs conseils précieux.*

*Nous tenons à remercier les membres de jury :*

*Dr HEMRIT Fareh*

*Dr DEBIH A*

*Dr DOUDARI*

*Nous remercions tous les enseignants de département de Génie mécanique et spécialement les enseignants de Fabrication et Productique.*

*Enfin nous tenons à remercier tous ceux ou celles qui ont eu l'honneur, de près ou de loin, à nous aider à présenter ce travail.*

*Abdelaziz et Mohammed*

# Nomenclature

Symboles	Définition	Unités
$\eta_{turb}$	Rendement de turbine	
E	Eclairement solaire	(w/m <sup>2</sup> )
$D_{coll}$	Hauteur de cheminée	(m)
$H_C$	Hauteur de cheminée	(m)
$\eta_C$	L'efficacité de la cheminée	
$\eta_{coll}$	Efficacité du collecteur	
$A_{coll}$	Surface du collecteur	(m <sup>2</sup> )
G	Radiation solaire	(w/m <sup>2</sup> )
M	Débit massique	(Kg/s)
$C_p$	Capacité calorifique spécifique de l'air	(J/Kg.k)
$\Delta T$	Différence de température entre le collecteur et l'air sortant	(°C)
$V_c$	Vitesse de l'air à la sortie du collecteur (entrée de la cheminée)	(m/s)
$A_C$	Surface d'une coupe de la cheminée	(m <sup>2</sup> )
$T_a$	Représente la température de l'air	(°C)
H`	représente la hauteur du collecteur	(m)
$T_e$	Température à l'entrée du collecteur	(°C)
$T_{ec}$	Température sortie du collecteur (entrée de la cheminée)	(°C)
$T_{cc}$	Température au centre du collecteur	(°C)
$\Delta H$	Différence de l'enthalpie	(J/kg)
$A_{coll}$	Surface du collecteur	(m <sup>2</sup> )
$\rho_{coll}$	La masse volumique	(kg/m <sup>3</sup> )

# LISTE DES FIGURES

## Chapitre I : Généralités sur les Cheminées solaires

Fig. I.1. Une centrale cheminée solaire [1].	4
Fig. I.2 Collecteur de cheminée solaire [3].	5
Fig. I.3 Verrière du collecteur d'une cheminée solaire	6
Fig. I.4. Différentes technologies de cheminées.	7
Fig. I.5. Bâtiment forme de cheminée [35].	7
Fig. I.6. Turbine pour cheminée solaire de large diamètre [5].	8
Fig. I.7. (a) Turbines verticales, (b) Petites turbines horizontales [6].	9
Fig. I.8. Principe de fonctionnement d'une cheminée solaire [4].	10
Fig. I.9. Principe de stockage de la chaleur dans le collecteur par des tubes remplis d'eau [6]	11
Figure (I-10): Principe du stockage de chaleur le jour sous la serre utilisant des galets.	12
Fig. I.11. Prototype de Manzanares en Espagne [5].	14
Fig. I.12. La cheminée solaire Namibienne.	16
Figure (I-13): La Cheminée Solaire Australienne	18
Fig. I.14. Le projet Américain (Arizona).	19

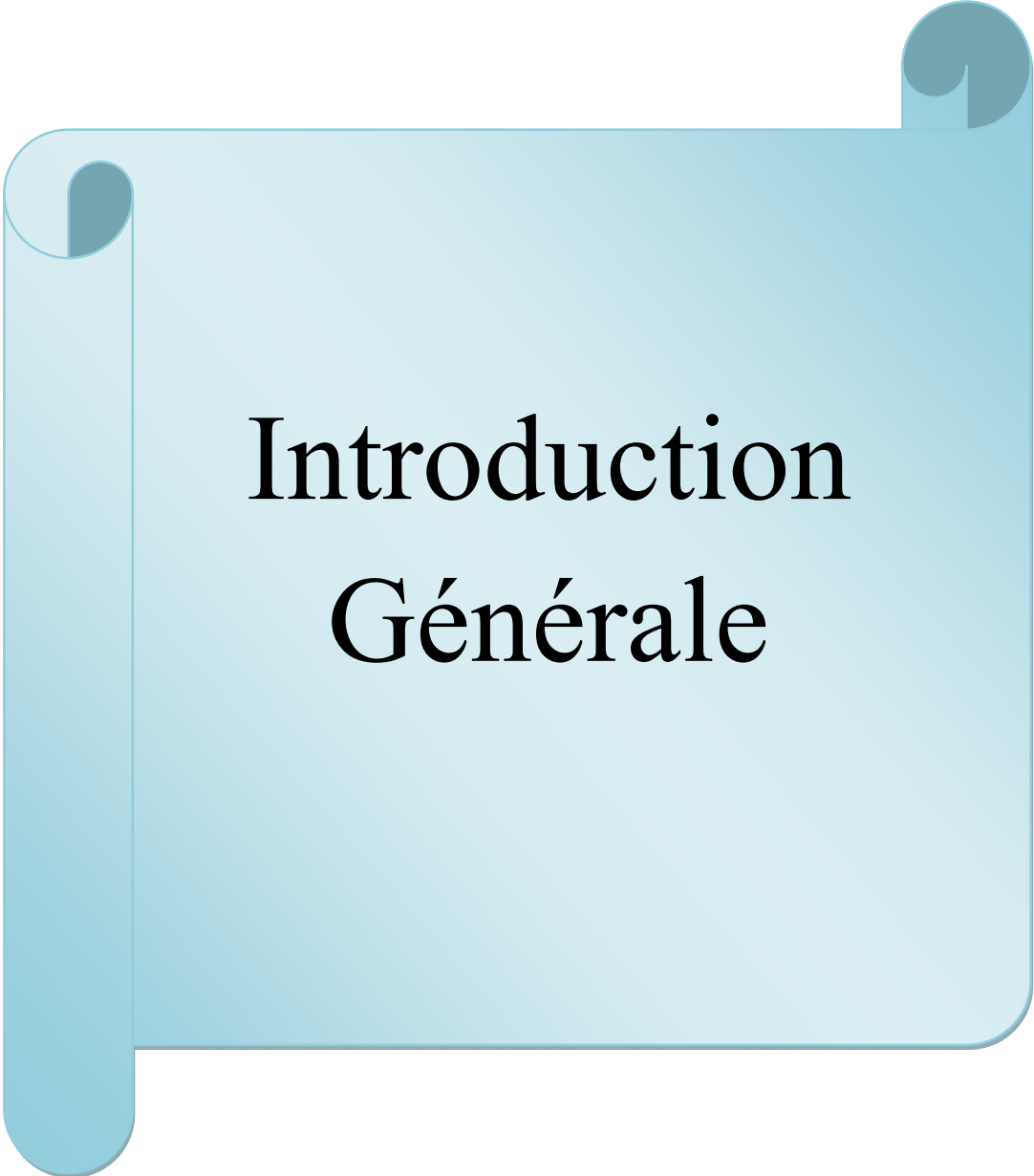
## Chapitre II : Modèle et calcul le rendement

Figure (II-1): Cheminée solaire de Téhéran	20
Figure (II-2): Diagramme numérique de température pour les entrées de collecteur de 6, 8 et 12 cm à la hauteur de 2m de la cheminée et de diamètre de la cheminée de 20cm.	22
Figure (II-3): Distribution de vitesse numérique pour les entrées de collecteur de 6, 8 et 12cm à la hauteur de la cheminée de 2m et de diamètre de la cheminée de 20cm.	22
Figure (II-4): Cheminée solaire Lola 3.0.	23
Figure (II-5): Variation de la vitesse à la sortie de la cheminée en fonction du temps	24
Figure (II-6) : Variation de la vitesse à la sortie de la cheminée en fonction du temps avec isolation de la cheminée	25
Figure (II-7): Support de Cheminée	26

Figure (II-8): le tuyau de cheminée.....	26
Figure (II-9) : Support de cheminée fixé sur la planche en bois ainsi que les tiges filetées	27
Figure (II-10): Bâche fixée sur le cadre métallique.....	28
Figure (II-11) : Prototype Cheminée Solaire.....	29
Figure (II-12): ventilateur pour la Prototype Cheminée Solaire .....	30
Figure (II-13) : Emplacement des Thermocouples ainsi que l'Anémomètre et de la tension .....	31
Figure (II-14) : Anémomètre à fil chaud. ....	32
Figure (II-15) : Multimètre.....	32

### **Chapitre III: Résultats et Discussions**

Figure (III-1) : Températures en fonction du temps.....	34
Figure (III-2) : Rayonnement en fonction du temps.....	35
Figure (III-3) : Vitesse d'écoulement en fonction du temps. ....	36
Figure (III-4) : Rendement en fonction du temps.....	37
Figure (III-5) : la tension en fonction du temps. ....	37
Figure (III-6) : Tension en fonction de vitesse.....	38
Figure (III-7) : Vitesse en fonction du temps .....	39
Figure (III-8) : Différentes températures en fonction du temps .....	39
Figure (III-9) : Rayonnement en fonction du temps.....	40
Figure (III-10) : Rendement en fonction du temps.....	41
Figure (III-11) : la tension en fonction du temps. ....	42
Figure (III-12) : Tension en fonction de vitesse.....	42



# Introduction Générale

## Introduction Générale

Les sources d'énergie renouvelable sont devenues très indispensables dans nos jours depuis que la pollution et les effets climatiques ont déséquilibré les conditions écologiques et environnementales.

Les ressources en combustibles fossiles continuent à diminuer partout dans le monde, ce qui pousse les chercheurs à développer d'autres sources d'énergie propre et renouvelables.

La Cheminée Solaire Centrale ou « Station de cheminée solaire » (S D C S) est une technologie efficace pour l'utilisation à grande échelle d'énergie solaire renouvelable. Les composantes principales du(S D C S) sont le collecteur, la cheminée et la turbine. Sous le toit du collecteur, le rayonnement solaire est utilisé pour chauffer l'air, celui-ci est dirigé vers l'entrée de la cheminée où la turbine est installée.

La performance du système ( S D C S ) dépend de beaucoup de paramètres tels que la géométrie de la cheminée solaire, le matériel utilisé et les conditions climatiques.

L'objectif principal de ce travail est de quantifier la tension générée au niveau de la turbine (générateur électrique) et voir ces effets sur la performance de la cheminée solaire pour la production d'électricité. Pour ce faire, en premier lieu, en étudiant le fonctionnement d'une tour solaire et son évolution à travers le temps. Nous testons ensuite le modèle que nous avons conçu et qui a été installé à la station météorologique de M'sila.

Le présent travail s'articule donc autour des points suivants :

- ❖ Une présentation du cadre général de l'étude à travers une synthèse bibliographique détaillée sur les cheminées solaires ; une présentation des différentes tours solaires à travers le monde ainsi que le principe et mode de fonctionnement des cheminées solaires.
- ❖ Une description détaillée du protocole expérimental à travers les phases de conception du prototype de la cheminée solaire, le suivi et les différentes mesures des paramètres considérés dans le cadre de cette étude
- ❖ Une présentation détaillée des résultats obtenus accompagnés de discussions sur l'évolution des paramètres étudiés pour le calcul du rendement de la cheminée solaire.

- ❖ Et on termine par une conclusion générale et des perspectives pour les futures travaux afin d'améliorer la qualité et le rendement de ce type de ( S D C S ) .

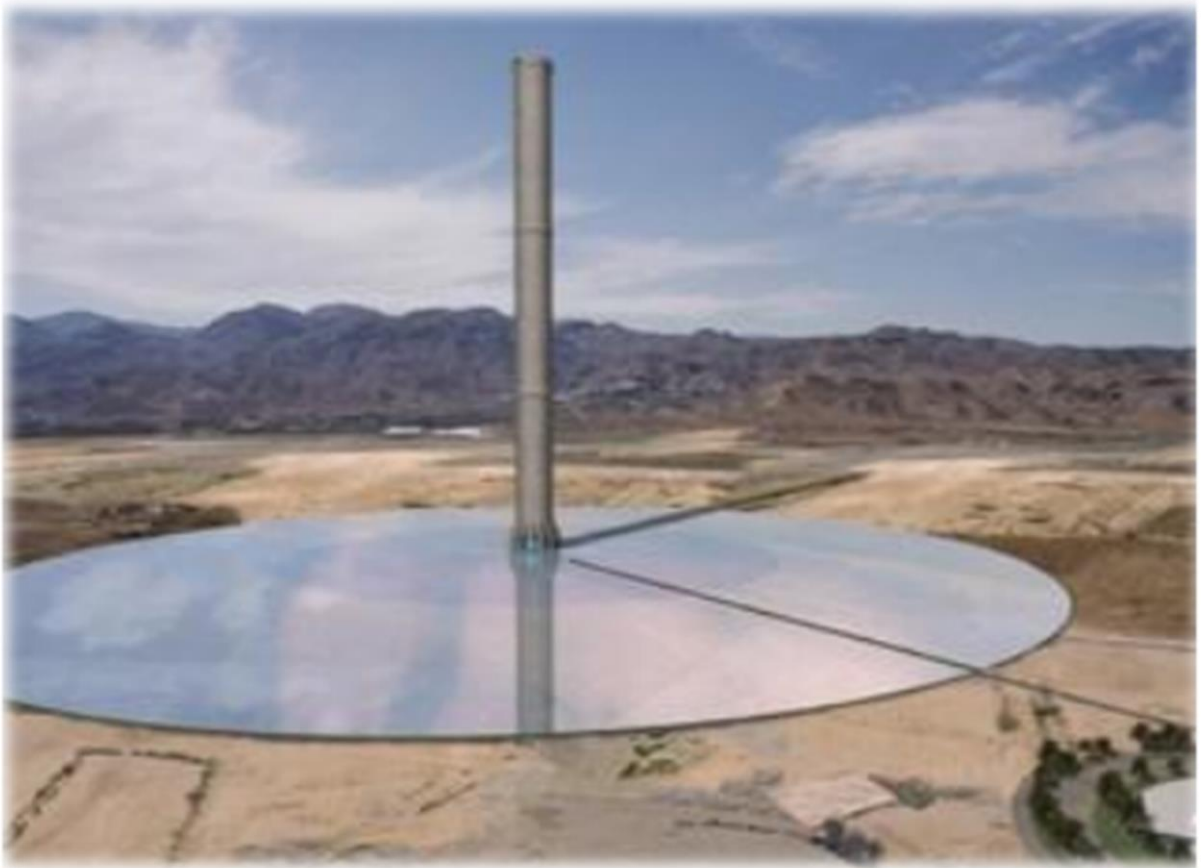
# **Chapitre I**

## ***Généralités sur les Cheminées solaires***

## I.1.Introduction

La plus grande partie de l'électricité consommée dans le monde aujourd'hui est produite à partir de ressources fossiles. Or, beaucoup d'estimations indiquent qu'à la consommation actuelle, les réserves de pétrole, de gaz naturel et de charbon vont s'épuiser dans le siècle à venir.

Il est donc temps de trouver d'autres moyens de produire de l'électricité. De plus, brûler des ressources fossiles pour produire de l'énergie a un impact considérable sur l'environnement. Il faut donc développer des moyens d'exploiter les énergies renouvelables. De loin la plus grande partie de l'énergie terrestre provient du soleil (99,9%). Il rayonne une énergie d'environ  $5,6 \times 10^{24}$  J par an sur la terre. Il y'a une multitude de méthodes pour l'exploitation de cette énergie solaire ; parmi elles la cheminée solaire est l'une des plus récentes technologies [1]. Des généralités concernant ce dispositif seront exposées dans ce chapitre.



**Fig. I.1.** Une centrale cheminée solaire [1].

## **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 générait 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 [2]

## **I.3. Différentes parties d'une tour 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.3.1. 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 [3] **Figure (I.2)**



**Fig. I.2** Collecteur de cheminée solaire [3].

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 Figure (I-3).



**Fig. I.3** Verrière du collecteur d'une cheminée solaire

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 [3].

### **I.3.2. 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 [3]

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 4 à 5) [4].

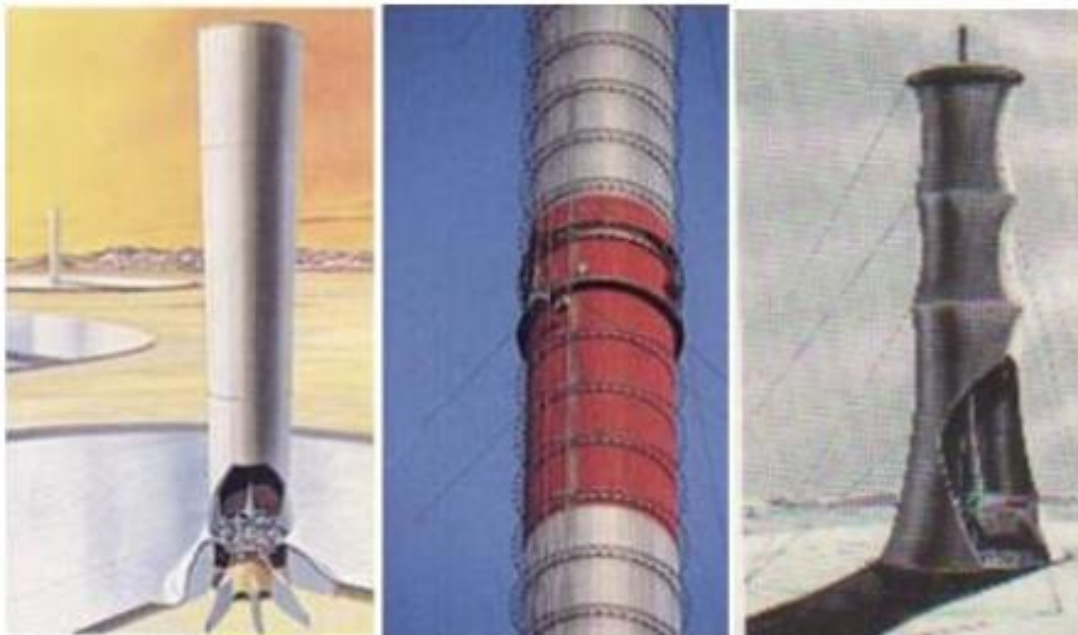


Fig. I.4. Différentes technologies de cheminées [4]

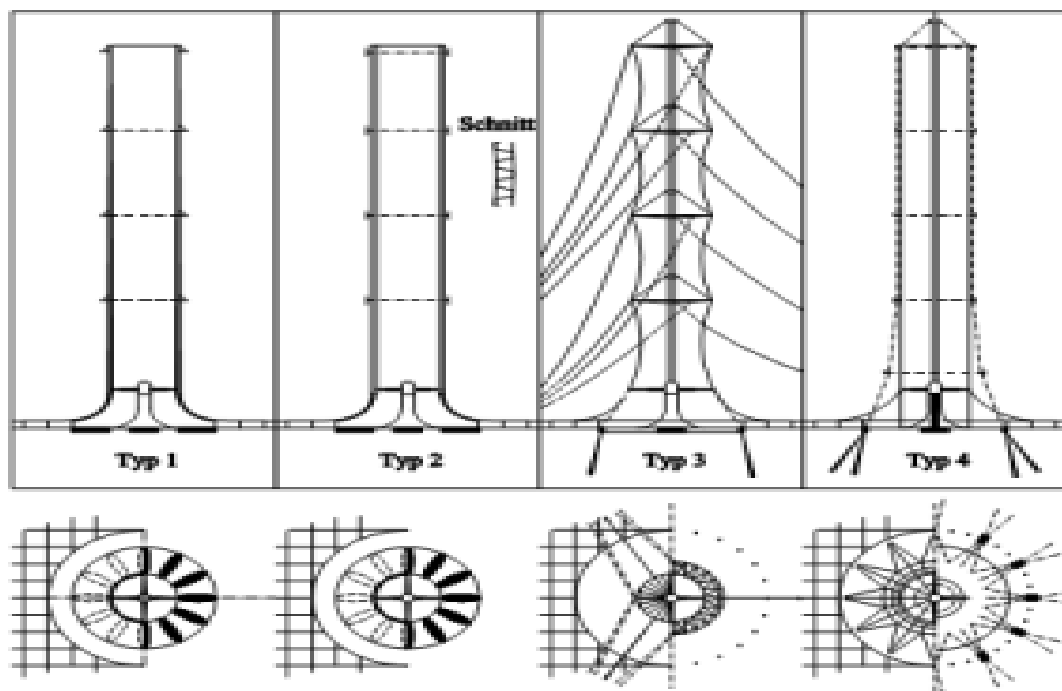


Fig. I.5. Bâtiment forme de cheminée [4].

### I.3.3. 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.

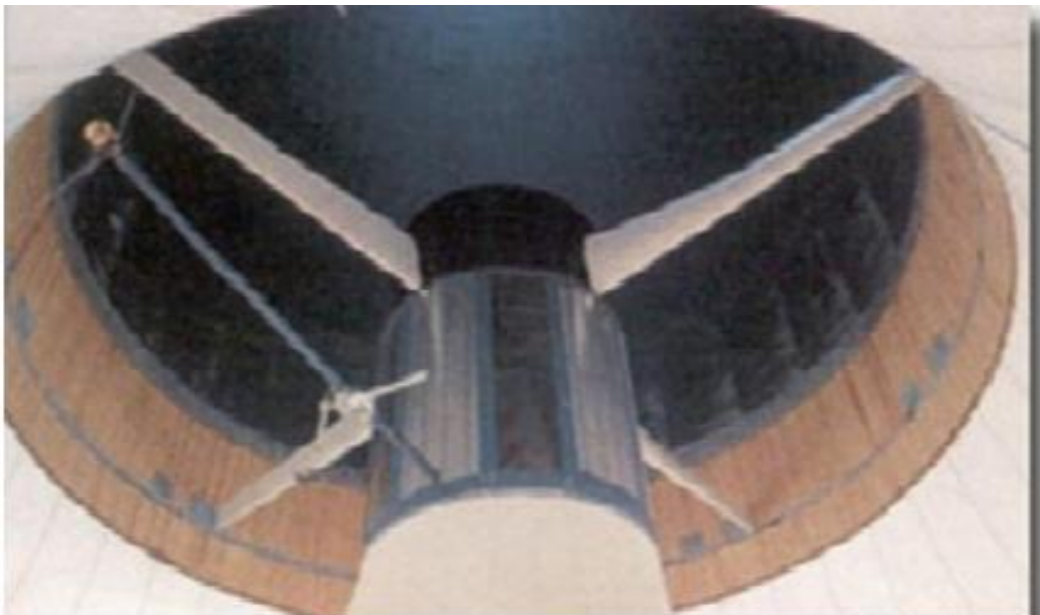
Les spécifications des éoliennes solaires sont, à bien des égards, similaires à celles des grandes éoliennes.

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 [4].

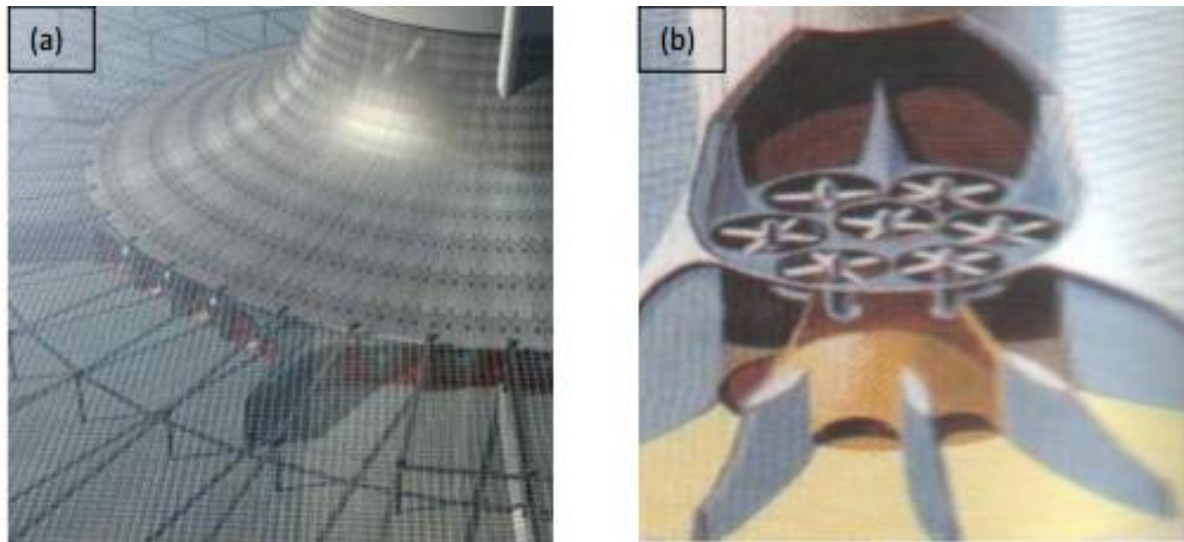
Dans les centrales solaires à cheminées, les turbines sont canalisées et leur efficacité totale théoriquement réalisable est donc de 100% la limite de Betz, qui est applicable aux canalisés. La direction de l'air venant en sens inverse

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.6 et Fig. I.7. [4].



**Fig. I.6.** Turbine pour cheminée solaire de large diamètre [4].



**Fig. I.7.** (a) Turbines verticales, (b) Petites turbines horizontales [5]

## **I.4. Description et Principe De Fonctionnement D'une Cheminée Solaire**

### **I.4.1. Description**

La tour solaire à effet de cheminée est l'un des projets les plus ambitieux de la planète pour la production d'énergie alternative. C'est une usine d'énergie renouvelable qui pourrait fournir une puissance électrique importante (200MW) tout en étant sûr et propre. Elle repose sur l'idée d'exploiter l'énergie cinétique des mouvements de convection naturelle de l'air chauffé par le soleil. L'énergie cinétique de l'air est ensuite prélevée par un système de turbines et de générateurs [6].

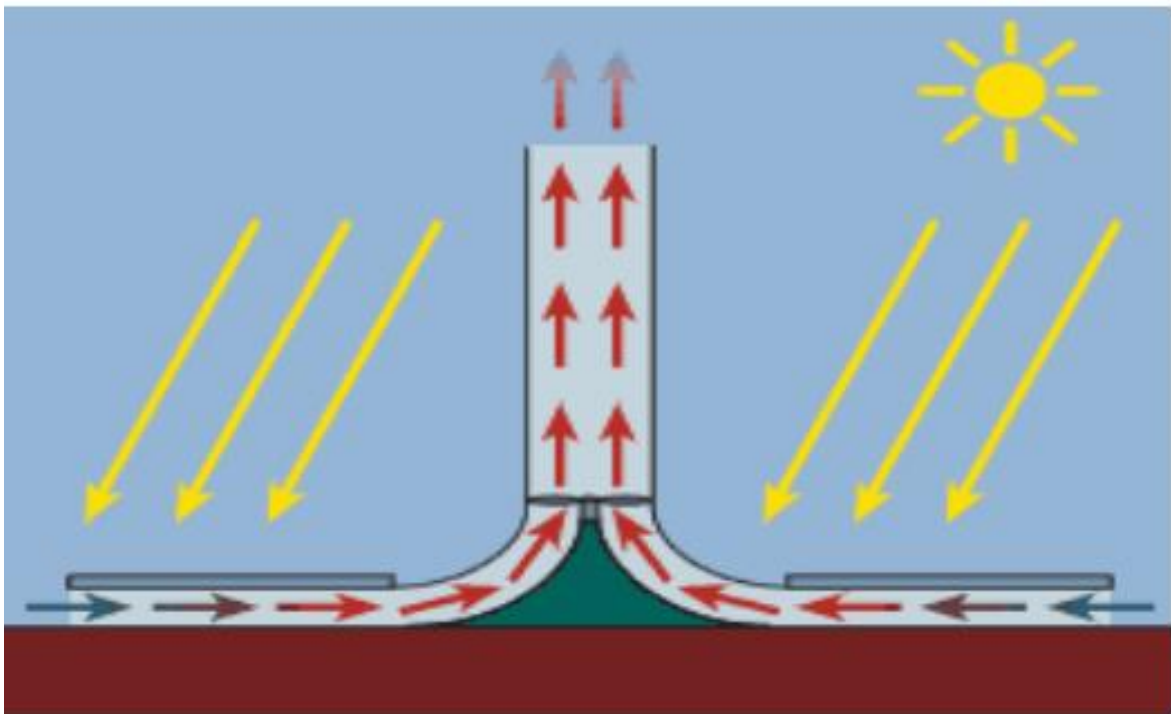
### **I.4.2. Principe De Fonctionnement**

Comme le montre la figure 5, la tour solaire mise à jour transforme le rayonnement solaire en électricité en combinant trois principes connus : l'effet de la serre, de la tour et de la turbine.

Le toit transparent de la serre laisse passer les faibles longueurs d'onde de la radiation solaire et retient le rayonnement de grandes longueurs d'onde. [2] Donc une partie du rayonnement solaire chauffe directement l'air sous la serre et l'autre partie est absorbée par le sol qui la restitue ensuite sous forme de chaleur. Sa densité diminue et l'air s'accélère et

est amené au centre du complexe, où il monte vers la cheminée verticale construite au centre de montage via des éoliennes.

Cela transforme l'énergie du flux en énergie mécanique et fait fonctionner des générateurs pour générer de l'électricité. Sa technologie est simple, fiable et accessible au pays en voie de développement, qui sont ensoleillés et qui ont souvent des ressources en matières premières limitées Fig. I.8 [3].



**Fig. I.8.** Principe de fonctionnement d'une cheminée solaire [3].

## **I.5. Le stockage d'énergie**

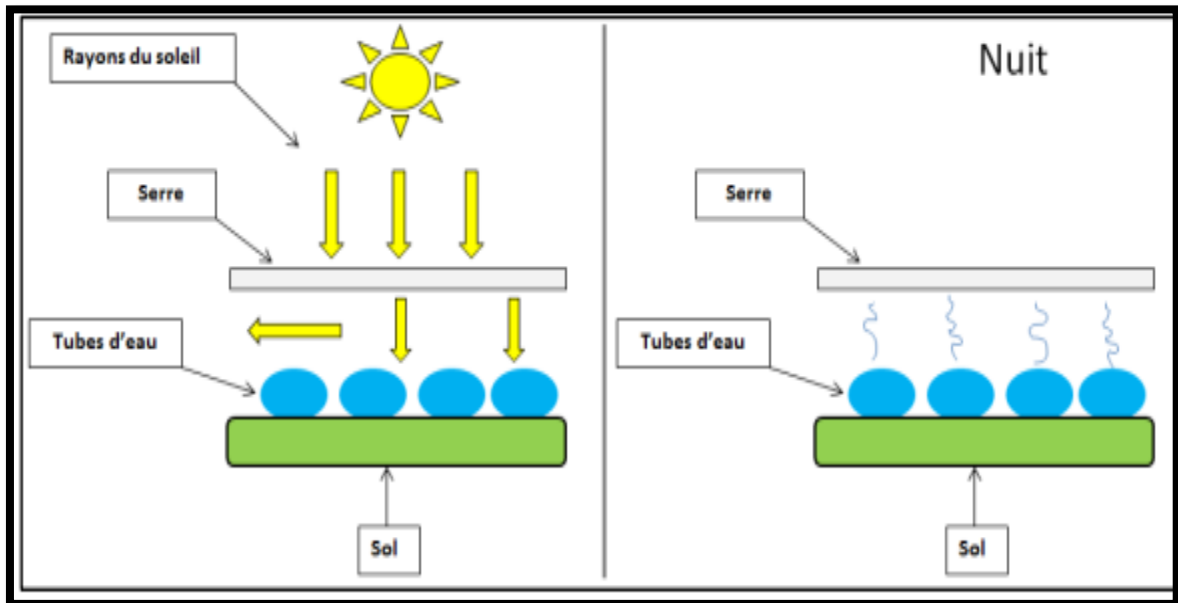
La cheminée solaire fonctionne en présence du rayonnement solaire c'est à dire qu'elle fonctionne pendant le jour. L'absence du rayonnement (la nuit), va créer un arrêt de la cheminée c'est pour cela qu'on utilise le rayonnement du jour pour faire fonctionner la cheminée pendant la nuit par la méthode du stockage d'énergie.[2]

### **I.5.1. Les différentes méthodes de stockage**

On a plusieurs méthodes de stockage d'énergie pendant la nuit et actuellement on utilise les méthodes suivantes :

### I.5.1.1. Par chauffage d'eau

Comme les collecteurs produisent de l'air chaud par effet de serre, pour produire de l'électricité durant la nuit, des réservoirs noirs tubulaires remplis d'eau sont placés sous la serre comme montré dans la Figure (I-9).



**Fig. I.9.** Principe de stockage de la chaleur dans le collecteur par des tubes remplis d'eau [5]

Les poches à eau accumulent de la chaleur le jour et la restituent à l'air la nuit. Ces tubes sont remplis une seule fois pour toutes, il ne faut plus d'eau ensuite puisque les tubes sont hermétiquement clos après le remplissage. Le volume d'eau dans les tubes est calculé pour correspondre à une hauteur d'eau de 5 à 20 cm en fonction de la puissance désirée de production nocturne, l'énergie stockée pour la nuit diminuant la production de la journée. Un ajustement de la production peut être effectué aux heures de pointe où l'électricité se vend 3 à 10 fois plus cher qu'aux heures creuses, améliorant ainsi la rentabilité [9].

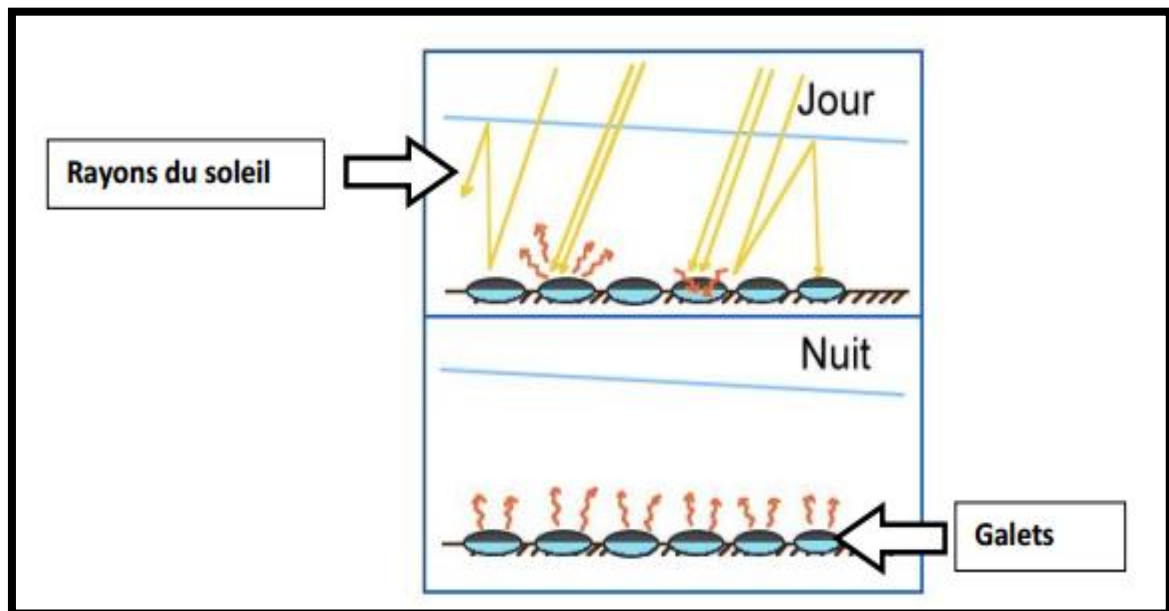
### I.5.1.2. Par chauffage de sable

Le sable chauffé et absorbe la chaleur du soleil, le flux d'air chaud transmis à la cheminée assure la production d'électricité en faisant tourner la turbine à l'intérieur de la tour.

Le sable est chauffé par le soleil pendant la journée et de l'énergie est stockée, puis la chaleur est libérée pendant la nuit et continue à faire fonctionner la turbine. Ceci permet au système de fonctionner en hiver même quand il y a un minimum de soleil. De cette façon, le système peut fonctionner 24h autour de l'horloge, 365 jours d'une année [5].

### I.5.1.3. Par chauffage de galets

Afin d'optimiser cette production nocturne, nous pouvons placer sous la serre des galets qui ont un pouvoir de stockage de chaleur très important Figure (I-10).



**Figure (I-10) :** Principe du stockage de chaleur le jour sous la serre utilisant des galets

En effet, durant la journée, ces galets sont exposés constamment aux rayons du soleil et donc emmagasinent cette chaleur afin de la restituer durant la nuit[5].

## I.6. Les avantages et les inconvénients de la cheminée solaire

### I.6.1. Les avantages [6]

- ❖ Les Cheminées Solaires sont particulièrement adaptées à la production d'électricité dans les déserts et les terres arides sans valeur, mais riches en soleil.

- ❖ Elles produisent de l'électricité 24 heures par jour à partir d'énergie solaire uniquement.
- ❖ Aucun carburant n'est nécessaire.
- ❖ Ne présente aucun risque de pollution pour l'environnement en cas de dysfonctionnement et lors du démantèlement.
- ❖ L'empreinte écologique de construction est modérée, et la tour ne génère aucun polluant pendant son fonctionnement.
- ❖ Utilise la radiation solaire directe et diffuse, donc peut fonctionner dans les conditions nuageuses
- ❖ Les matériaux nécessaires à la construction d'une Cheminée Solaire: béton, verre et acier, sont disponibles en quantités suffisantes partout dans le monde.
- ❖ Exploitation pour l'agriculture

### **I.6.2 Les inconvénients [6]**

- ❖ Quelques estimations disent que les coûts d'investissement pour la production d'électricité à partir de Cheminées Solaires est 5 fois plus important que celui à partir d'une turbine à Gaz.
- ❖ Bien qu'aucun carburant fossile ne soit nécessaire les investissements nécessaires pour une Tour Solaire sont importants.
- ❖ La structure elle-même est massive et requiert beaucoup d'expertise en ingénierie et de matériaux pour sa construction.
- ❖ Le collecteur occupe une immense surface.
- ❖ La production n'est pas constante pendant le jour ou l'année.

## **I.7. Projets réalisés de cheminée solaire**

### **I.7.1. Le projet de Manzanares**

Schlaich Bergermann a conçu, construit et exploité une installation expérimentale avec une puissance de pointe de 50 kW sur un site mis à disposition par la compagnie d'électricité espagnole Union Electrica Fenosa à Manzanares (à environ 150 km au sud de Madrid) en 1981/82 (Figure I-11)[1].

Elle était composée d'une cheminée cylindrique de 195 m de haut, de 10 m de diamètre, au centre d'un collecteur solaire circulaire de 250 m de diamètre (6000 m<sup>2</sup> de vitrages à 2 m au-dessus du sol) et permettant de chauffer l'air. Sa puissance était de 50 KW



**Fig. I.11.**Prototype de Manzanares en Espagne [4].

Elle fut arrêtée en raison d'un coût du kilowattheure, cinq fois plus élevé qu'une centrale thermique classique.

### Spécifications de projet

- Hauteur de la tour 194,6 m
- Diamètre de la tour 10,16 m
- Diamètre du collecteur 244 m
- Hauteur moyenne du toit 1,85 m
- Différence de température dans le collecteur  $\Delta T$  20 °C
- Puissance électrique nominale 50KW
- Surface du collecteur en Membrane plastique 40 000 m<sup>2</sup>
- Surface du collecteur en verre 6 000 m<sup>2</sup>
- Nombre de turbine 1
- Vitesse de l'air dans la cheminée 12m/s

### **I.7.2. Le projet Chinois**

Dans la région de la baie de Mongolie intérieure en Chine, la région de la baie de Wuhai Jinsha a construit un modèle expérimental de thermo-solaire de 200 kilowatts.

La première phase du projet s'est achevée entre mai 2009 et décembre 2010 et a permis de construire une cheminée solaire typique de 200 kilowatts occupant une superficie de 40 000 mètres carrés de tour du désert ou de cheminée d'une hauteur de 53 mètres et d'un diamètre de 18 mètres, représentant des dépenses d'un million de yuans; - La deuxième phase du projet a débuté en février 2011 et s'est poursuivie jusqu'en décembre 2011 afin d'achever la construction d'une centrale solaire de 2,2 MW. Cette manifestation occupera 220 000 mètres carrés de désert L'investissement prévu est de 110 millions de yuans; la troisième phase du projet entre janvier 2012 et décembre 2013 permettra la construction d'une centrale solaire de 25,1 mégawatts avec un complexe de serres occupant une zone désertique de 2,51 millions de mètres carrés, l'investissement sera de 1,26 milliard de yuans (1,2 milliard de yuans) [4].

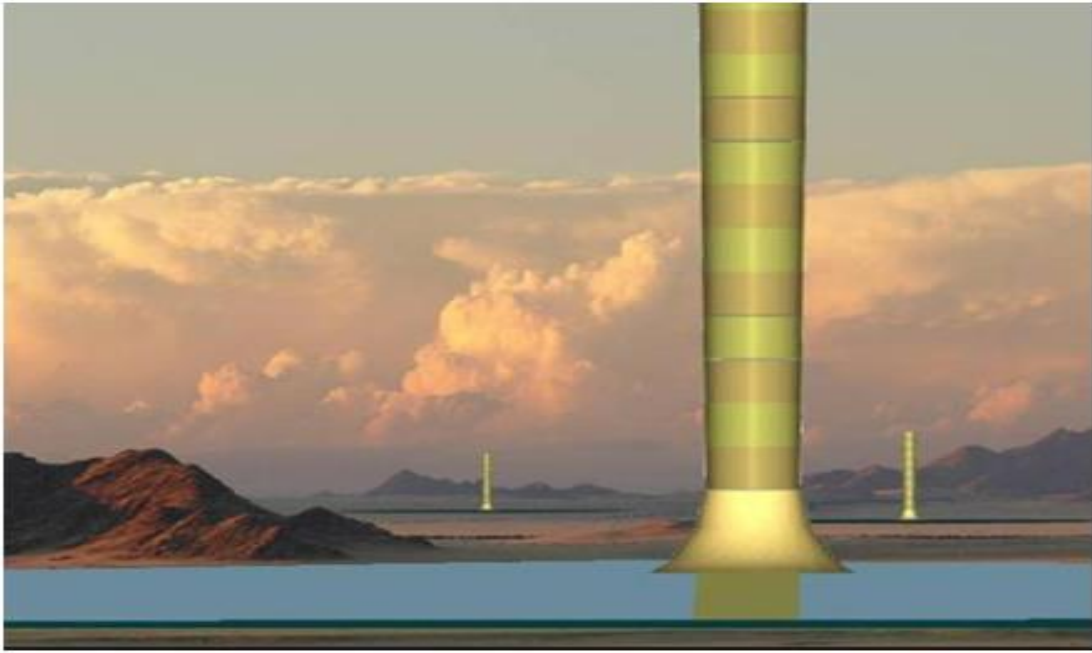
### **I.7.3. Le projet Namibien**

Au milieu de 2008, le gouvernement namibien a approuvé une proposition visant à construire une cheminée solaire de 400 mégawatts, appelée "Genderower".

La hauteur de la tour est de 1,5 km et son diamètre de 280 mètres.

Son diamètre sera généré en générant un flux d'air élevé, produisant 400 mégawatts d'électricité La superficie de la serre sera de 38,5 km<sup>2</sup> (diamètre de 7 km). Fournir toute la capitale Windhoek (300 000 habitants).

Le coût total prévu est de 1 milliard de dollars Fig. I.12 [7].



**Fig. I.12.** La cheminée solaire Namibienne

#### **I.7.4. Le projet de Botswana**

Fondé sur la nécessité de stratégies énergétiques à long terme, Botswana Le ministère des Sciences et de la Technologie a conçu et construit un petit système de cheminée solaire pour la recherche. Du 7 octobre au 22 novembre 2005, cette expérience d'un diamètre intérieur de 2 mètres et d'une hauteur de 22 mètres a été réalisée en verre renforcé de polyester et d'une surface de base de collection d'environ 160 m<sup>2</sup>. Le plafond était fait de verre épais de 5 mm d'épaisseur soutenu par un cadre en acier [4]

#### **I.7.5. Projet australien**

Un projet de tour solaire, appelé Projet de Buronga, est actuellement développé en Australie par la société « Enviomission ». La cheminée aurait 990 mètres de hauteur, 70 mètres de diamètre (Figure I-13).

La centrale fournirait 200 MW de puissance électrique, de quoi approvisionner en électricité environ 200 000 logements. Il s'agit d'un des projets les plus ambitieux de la planète pour la production d'énergie renouvelable sûre et propre, les centrales solaires existantes ou en projet sont plutôt de l'ordre de 10 MW, soit 20 fois moins. L'énergie produite reste largement inférieure à celle d'un réacteur nucléaire moderne (soit encore 7 fois plus), mais soutient la comparaison

Le coût d'investissement serait d'environ 400 millions d'euros, ce qui implique un coût d'investissement de 2 €/W. Par comparaison, un système photovoltaïque de 2008 coute environ le triple, tandis que la récente centrale solaire thermodynamique (11 MW) a coûté

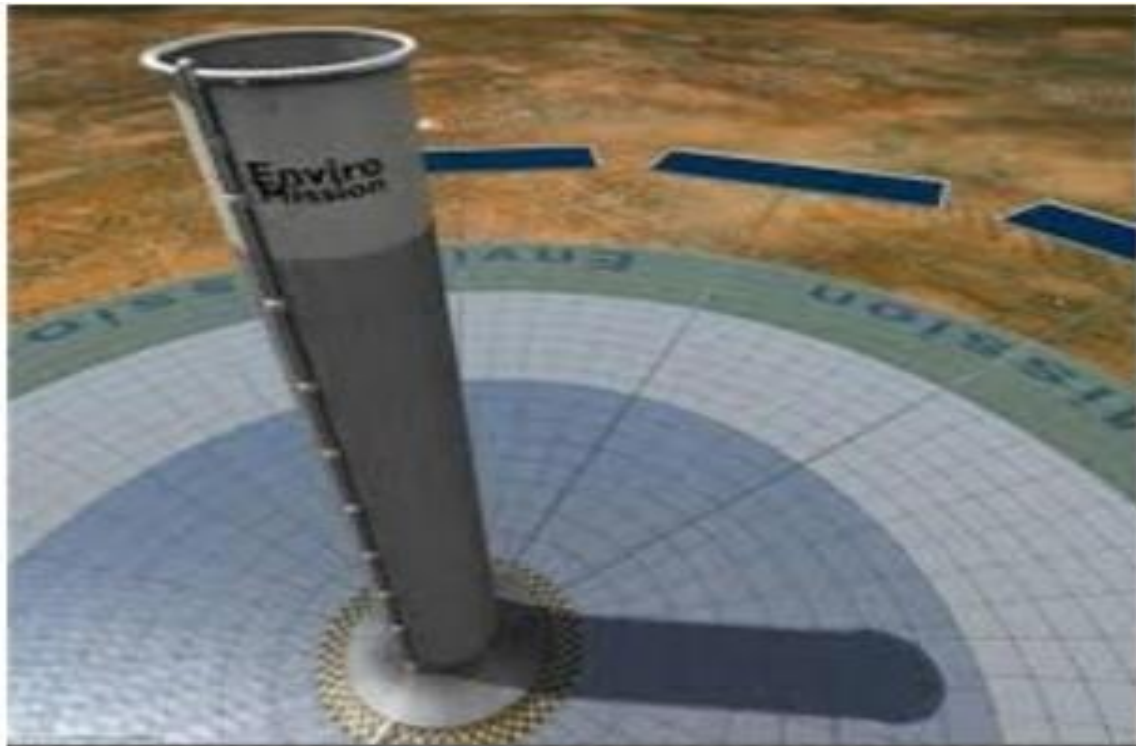
3,2 €/W, soit 1,6 fois plus. Le kWh fourni resterait néanmoins toujours cinq fois, plus cher que l'électricité de charbon, qui représente 95% de la production en Australie [7].

### Spécifications du projet

- Une cheminée de 990 m de haut.
- Un collecteur de 7 km de diamètre, soit 38,5 km<sup>2</sup> de verre et de plastique.
- Température de l'air chauffé dans la cheminée : 70 °C.
- Vitesse de l'air dans la cheminée : 15 m/s (54 km/h).
- 32 turbines.
- Puissance produite : 200 MW.

Le coût de construction de la Tour Solaire est estimé à \$395 millions de dollars. (Approximativement 14% de plus que pour une usine équivalente au charbon, et environ 70% plus par mégawatt installé qu'une ferme éolienne comparable.

Le gouvernement Australien avait pour objectif de produire en 2010, 2% de son énergie à partir de sources renouvelables (9500GWh): but aisément atteignable.



**Figure (I-13):** La Cheminée Solaire Australienne[7]

**I.7.6. Le projet Américain (Arizona)**

La tour aura un diamètre de 130 mètres pour une hauteur de 800 mètres - soit 60 mètres de plus que la tour Burdj Khalifa de Dubaï ! Cette structure est censée développer une puissance énergétique installée de 200 MW, soit au final suffisamment d'électricité pour alimenter 100000 à 150 000 foyers américains. Mais en contrepartie, ce projet nécessiterait également un budget tout aussi démesuré de l'ordre de 750 millions de dollars. Le désert de l'Arizona reçoit en permanence un rayonnement solaire abondant maintenant la température de l'air à 40°C. L'idée est donc de créer un effet de serre à la base de la tour, de sorte que la température au niveau du sol peut être augmentée de 80 à 90 degrés. L'air chaud ainsi créé s'engouffre dans la tour et se dirige de bas en haut. Des turbines intégrées au dispositif bénéficient ensuite de cet apport d'air chaud pour fonctionner et produire de l'électricité.

La hauteur impressionnante de la tour tient du fait que la différence de température de l'air est d'autant plus importante que la cheminée est élevée, avec pour conséquence, un gain de production énergétique appréciable.

L'avantage majeur du dispositif repose certainement sur une génération d'énergie en continu pendant 80 ans, sans avoir pratiquement besoin d'entretien. Par ailleurs, le Southern California Public Power Authority a déjà accepté d'acheter de l'électricité produite par la tour d'EnviroMission pendant les 30 prochaines années [8] Fig. I.14



**Fig. I.14.** Le projet Américain (Arizona).

## Conclusion

La technologie de la tour solaire présente un moyen d'exploiter la chaleur du soleil.

Les investissements de départ sont importants mais prévisibles, et ils permettent de produire une électricité propre et renouvelable. Pour amortir les coûts de construction de la centrale, des subventions de l'État sont nécessaires, pour vendre l'électricité à un prix compétitif.

Les tours solaires sont très importantes pour le futur, par ce que nos ressources sont limitées. Pour fonctionner au mieux, une cheminée solaire doit être construite dans une région très ensoleillée et disposant de nombreux espaces inhabités ; les endroits les plus favorables se trouvent en Afrique du Nord et principalement au Sahara, dans le centre de l'Australie et aux Etats-Unis.

Le désert algérien est donc parmi les endroits les plus remarquables au monde où l'ensoleillement global annuel est maximal et où les surfaces inoccupées ne manquent pas.

CHAPITRE II :

**Modèle**

**et calcul le rendement**

## II.1. Introduction

Actuellement plusieurs projets de fabrication de cheminées solaires à petites échelles sont expérimentée à travers le monde afin d'étudier et d'optimiser le rendement de ces dernières dans le but de les rendre plus rentables.

Pour la création de notre prototype „“ Cheminée Solaire „“ nous avons pris comme référence les deux projets d'Iran et France qui ont donnés des résultats très encourageants malgré une divergence de conception.

## II.2. Prototype de Téhéran (Iran)

Dans un objectif expérimental, une cheminée solaire à petite échelle a été construite à l'Université de Téhéran (*Figure II-1*) [9].



**Figure (II-1) :** Cheminée solaire de Téhéran

### II.2.1 Structure et composants

### II.2.1.1 La Cheminée

La hauteur et le rayon de la cheminée sont respectivement de 02 m et 20 cm ; elle est construite à partir de polycarbonate d'une épaisseur de 4 mm.

### II.2.1.2 Le collecteur

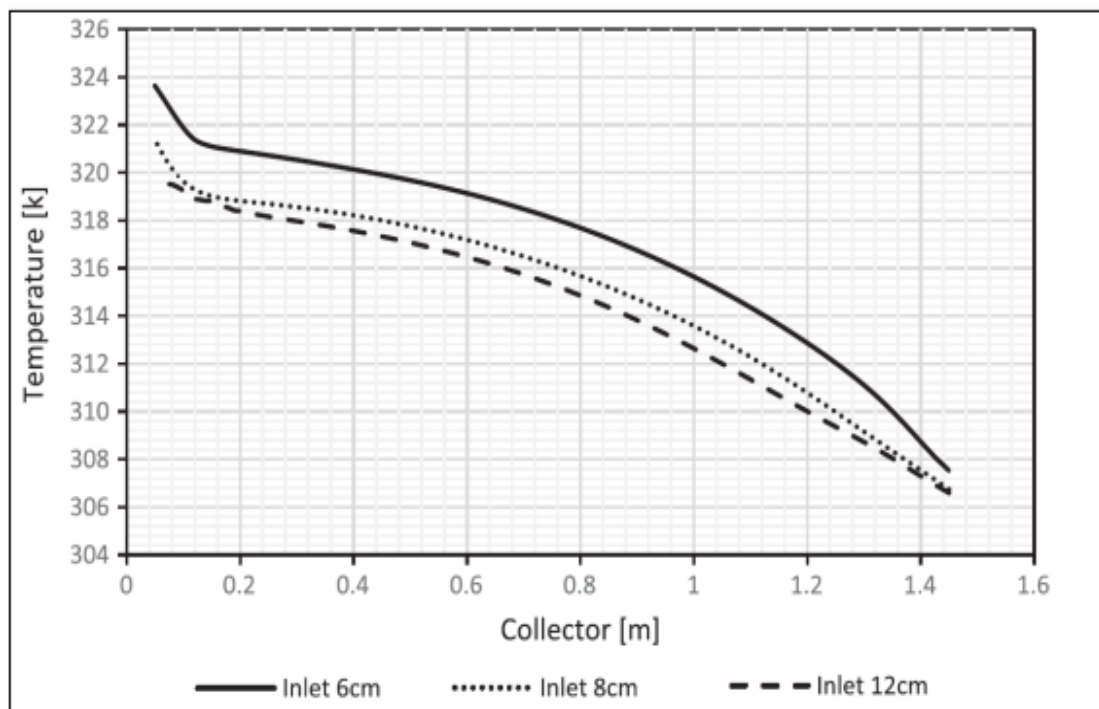
Le diamètre et l'angle du capteur solaire sont respectivement de 03 m et zéro, des verres ont été utilisés en tant que matériau de toiture du collecteur ; la structure de mise en place a été inclus 17 morceaux de 3x3 d'un profil d'acier.

Une combinaison de panneaux d'aggloméré bois avec une épaisseur de 8 mm et d'acier avec une épaisseur de 2 mm ont été utilisés comme absorbeur du collecteur.

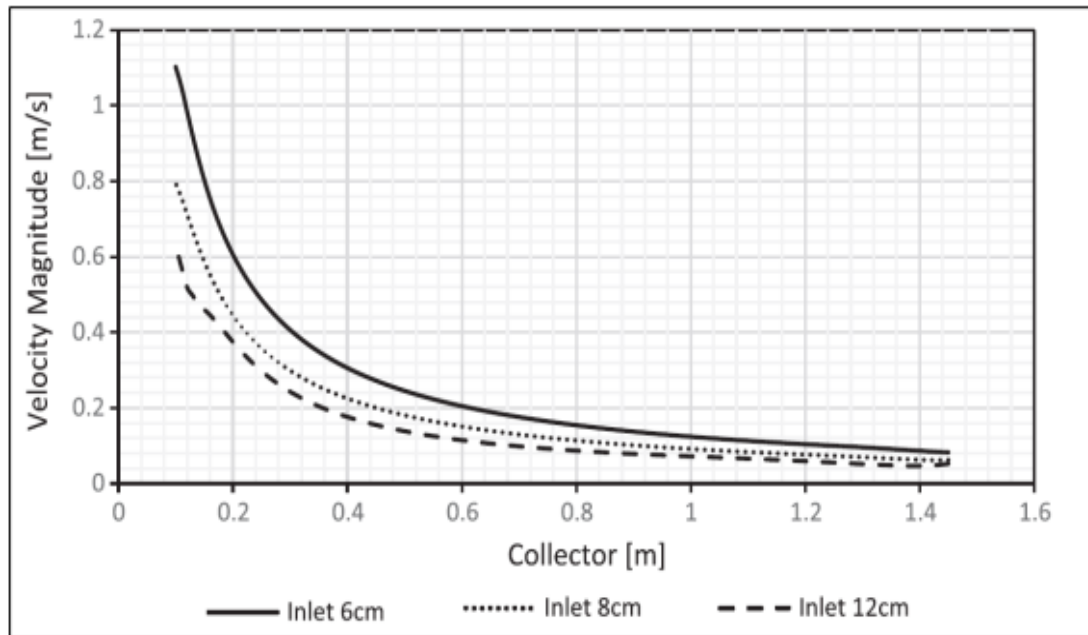
### II.2.2.Résultats

La distribution de la température et de la vitesse du fluide ont été analysés pour différentes hauteurs d'entrée du collecteur. Les données de sortie du collecteur avec les tailles d'entrée de 6 cm, 8 cm et 12 cm ont données des résultats qui sont présentés dans les figures II-2 et II-3. Les résultats indiquent des maximums de températures de l'air de l'ordre de 323,6 k, 321,3 k et 319 6,k respectivement pour les entrées de collecteur de 6, 8 et 12 cm.

L'entrée du collecteur a la configuration, qui peut être modifiée dans la plage de 6 à 12 cm, l'analyse a été effectuée.



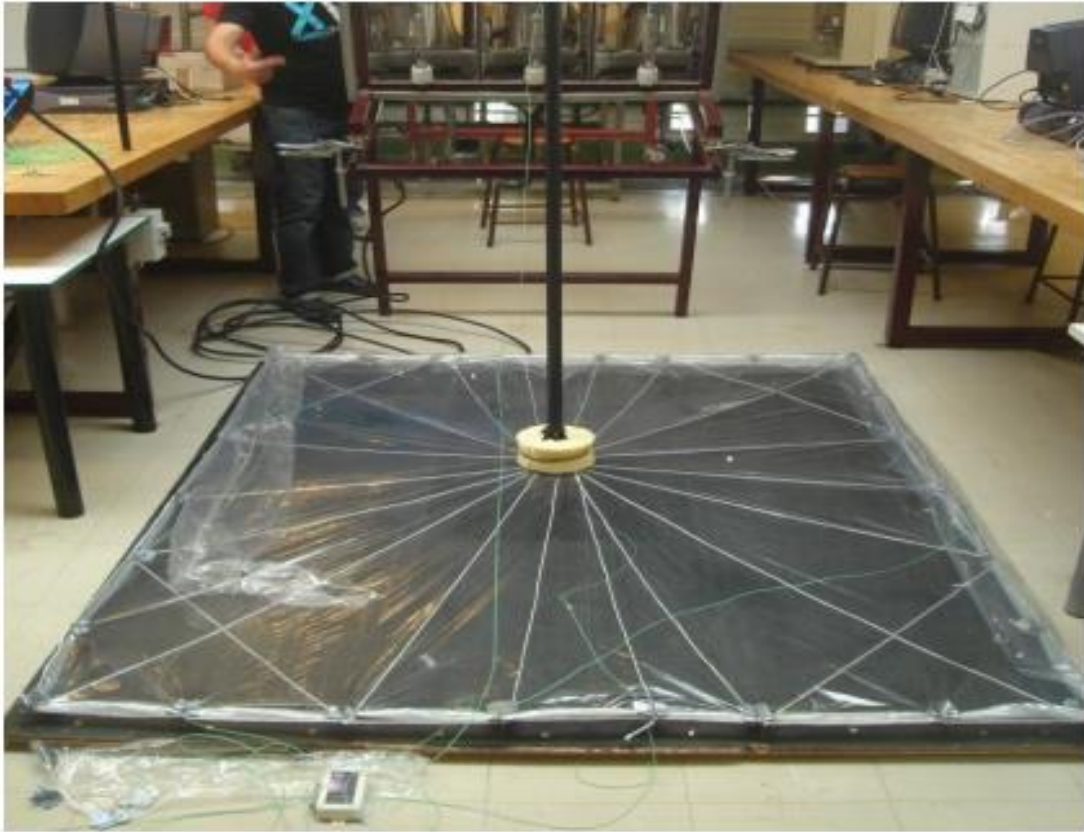
**Figure (II-2) :** Diagramme numérique de température pour les entrées de collecteur de 6, 8 et 12 cm à la hauteur de 2m de la cheminée et de diamètre de la cheminée de 20cm.



**Figure (II-3) :** Distribution de vitesse numérique pour les entrées de collecteur de 6, 8 et 12 cm à la hauteur de la cheminée de 2m et de diamètre de la cheminée de 20cm.

### II.3. Prototype de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, (France)

Cette nouvelle expérience constitue la continuité logique d'une précédente maquette (Lola 3.0) qui avait donné des résultats plutôt probants avec une vitesse maximale en haut de la tour de 0,86 m/s, pour une température à la base d'environ 55 °C (*Figure II-4*) [10].



**Figure (II-4) :** Cheminée solaire Lola 3.0

### **II.3.1 Structure et composants**

#### **II.3.1.1 La Cheminée**

La cheminée est d'une hauteur de 1,85 m pour un diamètre de 2,7 cm, fabriqué en PVC.

#### **II.3.1.2 Le collecteur**

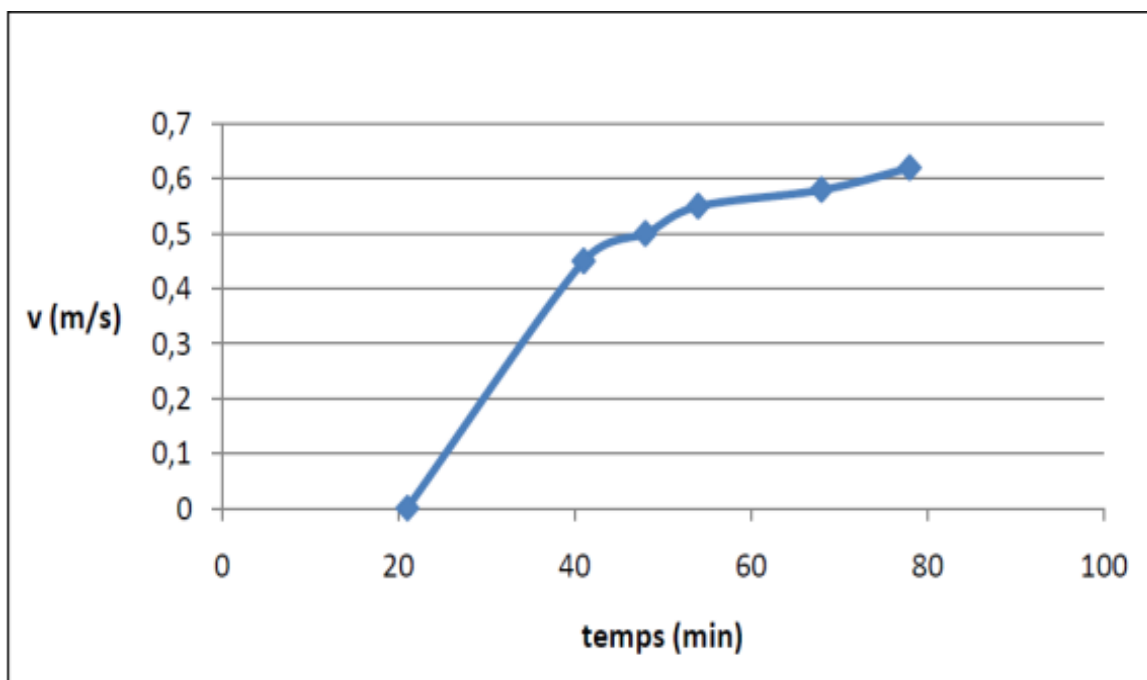
Il est d'une longueur de 1,775 sur 2,06 m d'où une superficie à la base de 3,65 m<sup>2</sup>. Le collecteur est recouvert d'une bâche qui est maintenue par un réseau de ficelles .Le plancher en bois de 2cm d'épaisseur et recouvert d'une peinture noire mate.

Le prototype a été installé au niveau d'un hall thermique, chauffé, il permettait d'avoir une température ambiante à peu près identique tout au long de l'année (environ 20°C). Pour ce qui est de la puissance de chauffe, elle est fournie par un banc de lumière d'une puissance de 1100W.

### II.3.2 Résultats

La vitesse du flux à la sortie de la cheminée et les températures dans différents points de la maquette ont été analysées sur plusieurs expériences avec des modifications du système.

- a) Pour la première expérience aucune modification du système. Ne sachant pas quel était le nombre d'ouvertures optimales pour l'admission d'air, deux ouvertures (une ouverture étant un côté de la maquette) correspondantes à la moitié de la possibilité d'ouvertures.



**Figure (II-5) :** Variation de la vitesse à la sortie de la cheminée en fonction du temps

Les résultats obtenus en sortie de tour en fonction du temps attestent de l'obtention d'une vitesse maximale de l'ordre de 0,62 m/s pour une température à la base de 39 C° (Figure II-5).

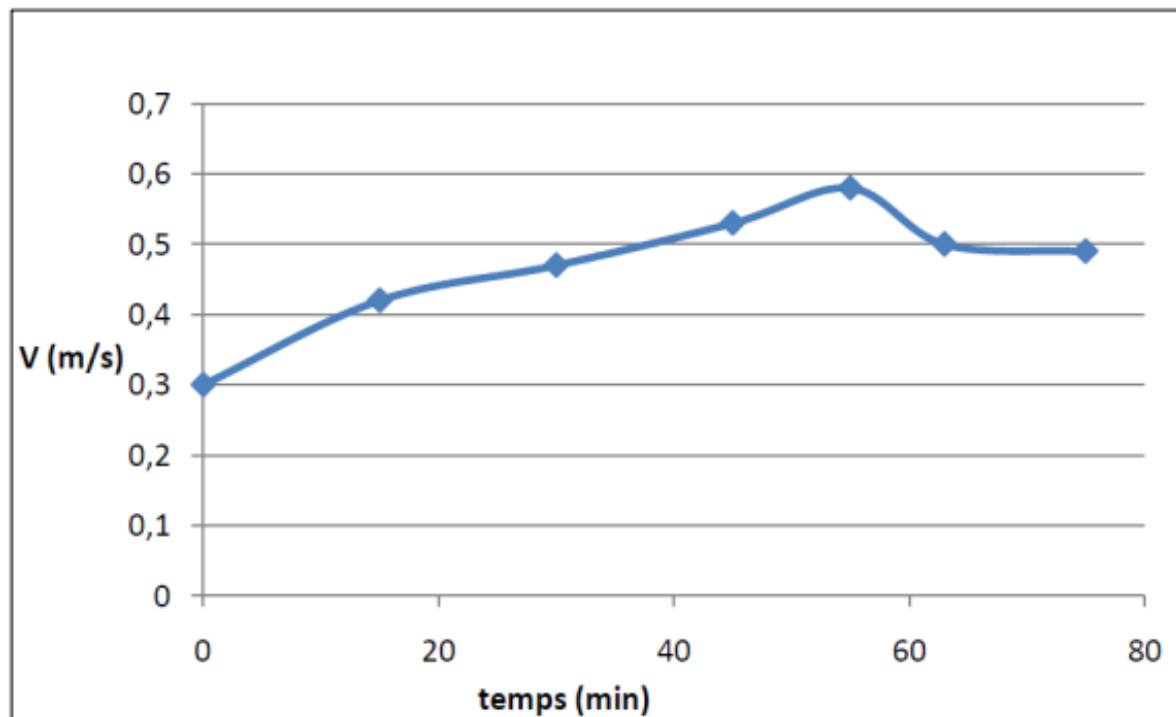
Plusieurs modifications ont été apportées au système à chaque test afin de connaître quels sont les paramètres à appliquer sur leur maquette dont :

- ✓ Changement d'armature
- ✓ Nouvelle bâche
- ✓ Isolation de la tour
- ✓ Augmentation de la température à la base de la tour

✓ Dimensionnement des entrées d'air

b) Dimensionnement du diamètre de la tour et de sa hauteur

Isolation extérieure le long de la cheminée :



**Figure (II-6) :** Variation de la vitesse à la sortie de la cheminée en fonction du temps avec isolation de la cheminée

Lors de ce test, une vitesse de 0,58 m/s a été obtenue après 55 minutes de temps pour une température au niveau du collecteur de seulement 33,2 C° (Figure II-6).

## II.4. Prototype Confectionné

A partir des prototypes de cheminée solaire cités ci-dessus, nous avons imaginé une conception qui soit à la fois simple, efficace et rigide.

### II.4.1 Structure et composants

#### II.4.1.1 La Cheminée

La longueur de la cheminée est de 01 mètre de diamètre et 20 cm fabriquée en aluminium. Ainsi que leur bonne résistance thermique. Ce tube (cheminée) est fixé sur un

support en fer, lui-même monté sur une planche de bois, comme indiqué sur la Figure(II-7) et Figure (II-8)



**Figure (II-7) :** Support de Cheminée



**Figure (II-8):** le tuer de cheminée

#### **II.4.1.2 Le collecteur**

Le collecteur qui a comme rôle de chauffer l'air admit est composé de plusieurs parties :

Plate-forme est fabriquée en bois Et il y a OÙ Support fixe Pour fixer le tuyau (cheminée) .

Une plateforme peinte en noir pour augmenter l'absorption du rayonnement solaire  
*Figure (II-9).*



**Figure (II-9) :** Support de cheminée fixé sur la planche en bois ainsi que les tiges filetées

Le cadre métallique à une largeur et longueur identique à la planche en bois donc (01x0.9 m) fabriqué en acier de forme carré de 2 cm sur 3 cm

Le dernier élément est la bâche transparente qui recouvre le cadre métallique auquel elle est fixée à l'aide de baguettes en bois à leur tour fixées avec des vis à tête perforée comme le montre la (figure II-10) ci-dessous :



**Figure (II-10) :** Bâche fixée sur le cadre métallique

Après avoir rassemblé les différentes parties de la cheminée (figure II-11), nous avons lancé l'expérimentation et procédé aux différentes mesures prévues.



Figure (II-11 ) : Prototype Cheminée Solaire.

#### II.4.1.3 Le Turbine

Nous avons utilisens un ventilateur l'unité centrale de l'ordinateur en fixe sur la plaque fer Figure (II-12).



Figure (II-12) : ventilateur pour la Prototype Cheminée Solaire

### II.4.2. Paramètre étudiées

A travers cette étude expérimentale, il est recherché une tension par vitesse d'écoulement possible du flux (air) à l'entrée de la cheminée afin d'alimenter éventuellement une turbine « générateur électrique »

A ce niveau d'étude, nous avons considéré deux variantes à savoir :

- Première variante : Collecteur ouvert des quatre cotés
- Deuxième variante : Collecteur avec deux ouvertures opposées soit celles Selon la direction de l'air.

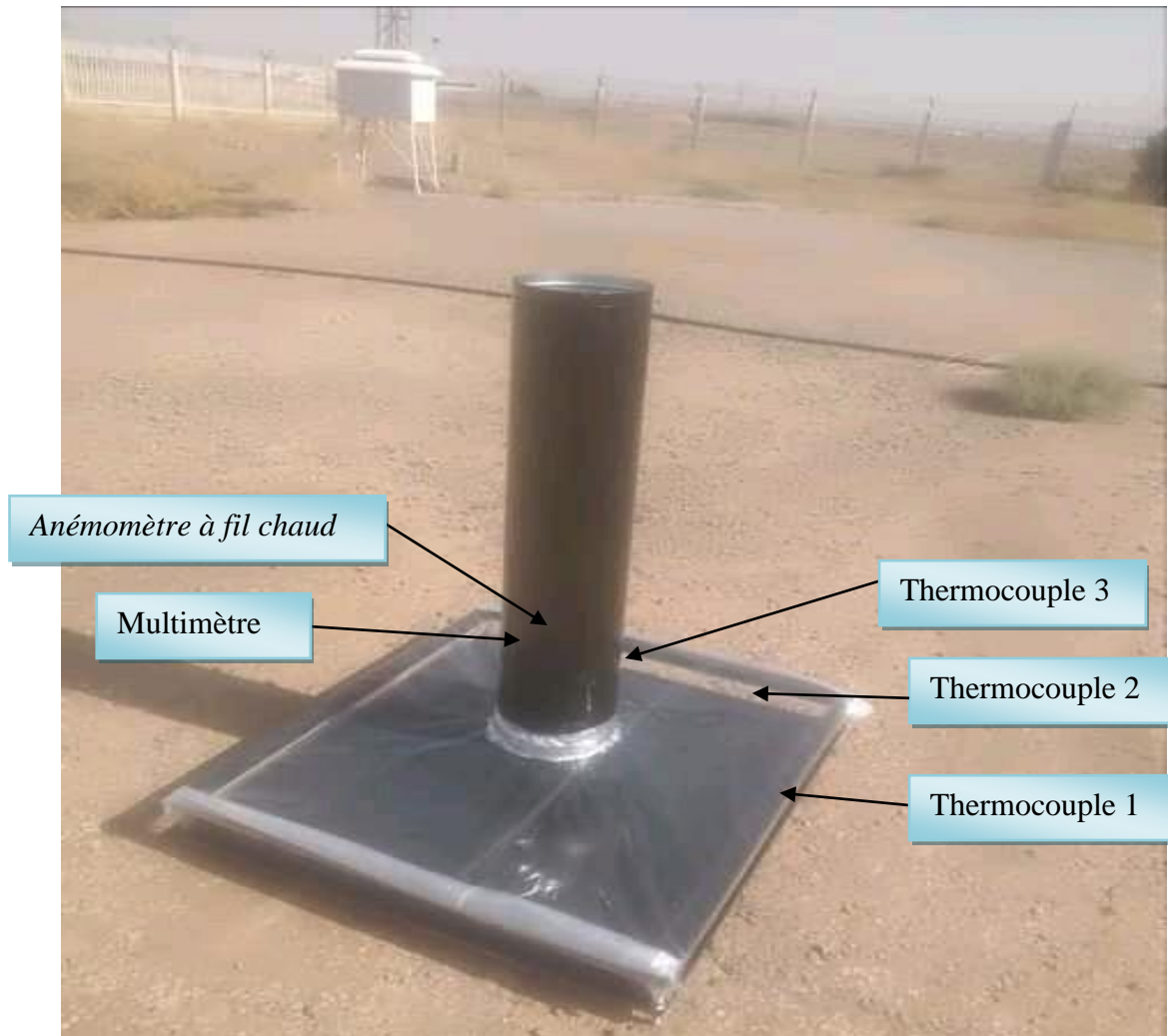
Nombreux sont les paramètres qui agissent sur le fonctionnement de la cheminée solaire essentiellement :

- ❖  $T_a$  : Température ambiante ( $C^\circ$ )
- ❖  $T_e$  : Température à l'entrée du collecteur ( $C^\circ$ )
- ❖  $T_{ec}$  : Température au centre du collecteur ( $C^\circ$ )
- ❖  $T_{ec}$  : Température à l'entrée la cheminé ( $C^\circ$ )
- ❖  $R$  : Rayonnement du soleil ( $W.m^2$ )
- ❖  $\eta$  : Rendement de la cheminée solaire
- ❖  $V$  : Vitesse de l'écoulement à l'intérieur de la cheminée (m/s)
- ❖  $U$  : La quantité de tension (V)

### II.4.3. Instrument de mesures

Les paramètres utiles à notre étude étaient les températures à différents endroits de la maquette et la vitesse de l'air à l'entrée de la tour. Pour obtenir ces données, nous avons utilisé plusieurs thermocouples, les trois capteurs furent positionnés à des endroits déterminants de la maquette (*Figure II-13*).

- ❖ Thermocouple 1 : Température ( $C^\circ$ ) entrée du collecteur
- ❖ Thermocouple 2 : Température ( $C^\circ$ ) entrée de la cheminée
- ❖ Thermocouple 3 : Température ( $C^\circ$ ) dans la cheminée



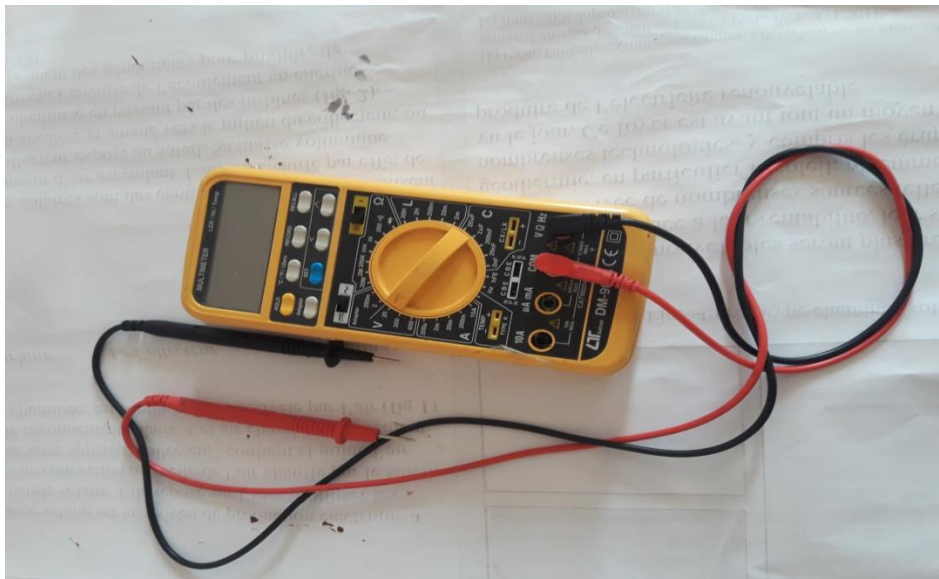
**Figure (II-13) :** Emplacement des Thermocouples ainsi que l'Anémomètre et de la tension

Pour ce qui est de la vitesse à l'intérieur de la cheminée, il était nécessaire d'avoir un instrument de mesure ayant la meilleure précision possible, le choix se porta alors sur un anémomètre à fil chaud permettant de faire des mesures au dixième de mètre par seconde (Figure II-14).



**Figure (II-14) :** Anémomètre à fil chaud.

La tension de sortie est mesurée par le multimètre une fois connecté au fil du ventilateur Figure (II-15)



**Figure (II-15) :** Multimètre.

## II.5. Le rendement de la cheminée solaire

$$\eta_c = \frac{g H_c}{T_0 c_p} \dots\dots(1)$$

g : Accélération de la gravité, 9.81m/s<sup>2</sup>

Hc : Hauteur de la cheminée, 1 m

$T_0$  : Température ambiante à l'entrée du collecteur, K

$C_p$  : Capacité calorifique de l'air, 1000 J/kg K

Le rendement du la cheminée solaire

$$\eta_c = \frac{P_{\text{électrique}}}{E_{\text{nergie solaire}}} \dots (2)$$

Puissance électrique w

Energie solaire W/m<sup>2</sup>

## II.6. Conclusion

Le prototype de « cheminée solaire » conçu est inspiré d'autres prototypes et mise en service au niveau de la station météorologique de m'sila et suivi durant deux jours du mois de juin 2019.

Pour cette expérimentation, deux ouvertures du collecteur sont prises en considération et avons procédé aux différentes mesures de 08h00 à 18h00 avec des pas de temps de 1 heures

## Chapitre III

# **RESULTATS & DISCUSSIONS**

### III.1. Introduction

Le modèle de Cheminée solaire conçu a été installé au niveau de la station météorologique de m'sila et surveillé pendant deux jours (16 et 17 Juin2019).

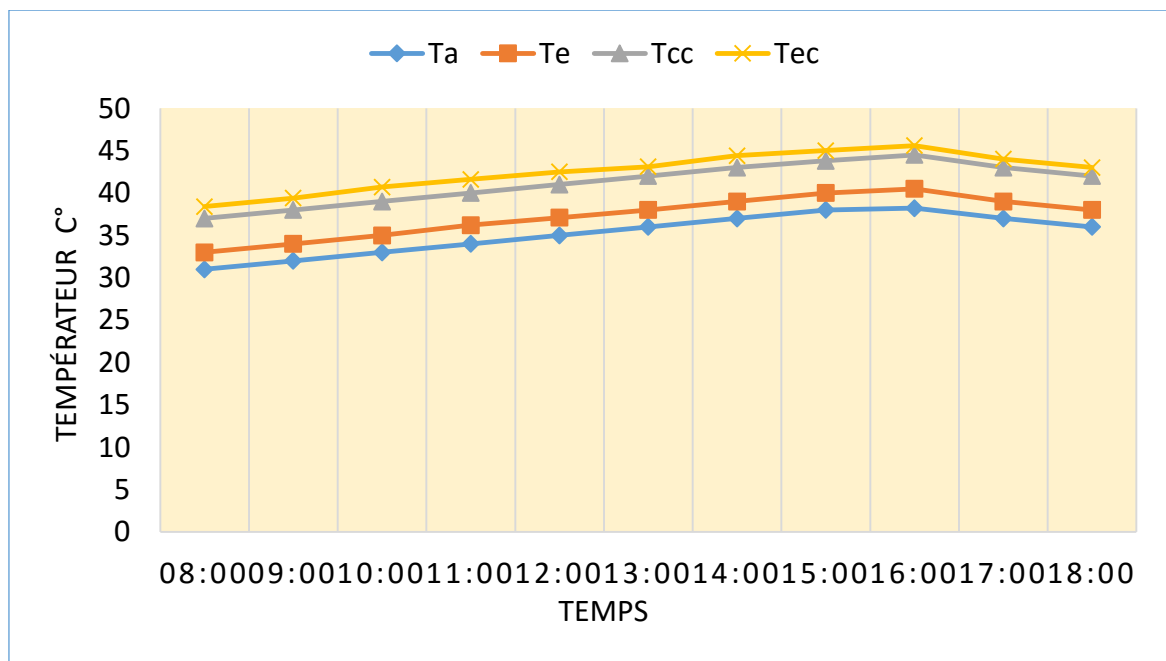
A ce sujet, il faut signaler la coïncidence avec des perturbations atmosphériques essentiellement le vent et le passage des nuages durant la période d'essai.

Pour cette expérience, nous avons opté pour laisser deux ouvertures d'après l'étude faite par Cheloufi Djassem [14].

Diverses mesures ont été effectuées de 8h00 à 18h00 avec des étapes allant de temps 1 heure.

### III.2. Résultats d'essai pour (16 Juin 2019)

Nous avons considéré quatre températures soit la température ambiante( $T_a$ ), la température d'entrée du collecteur ( $T_e$ ), la température du centre du collecteur ( $T_{cc}$ ) et la température entrée de la cheminée ( $T_{ec}$ ) Figure (III-1).

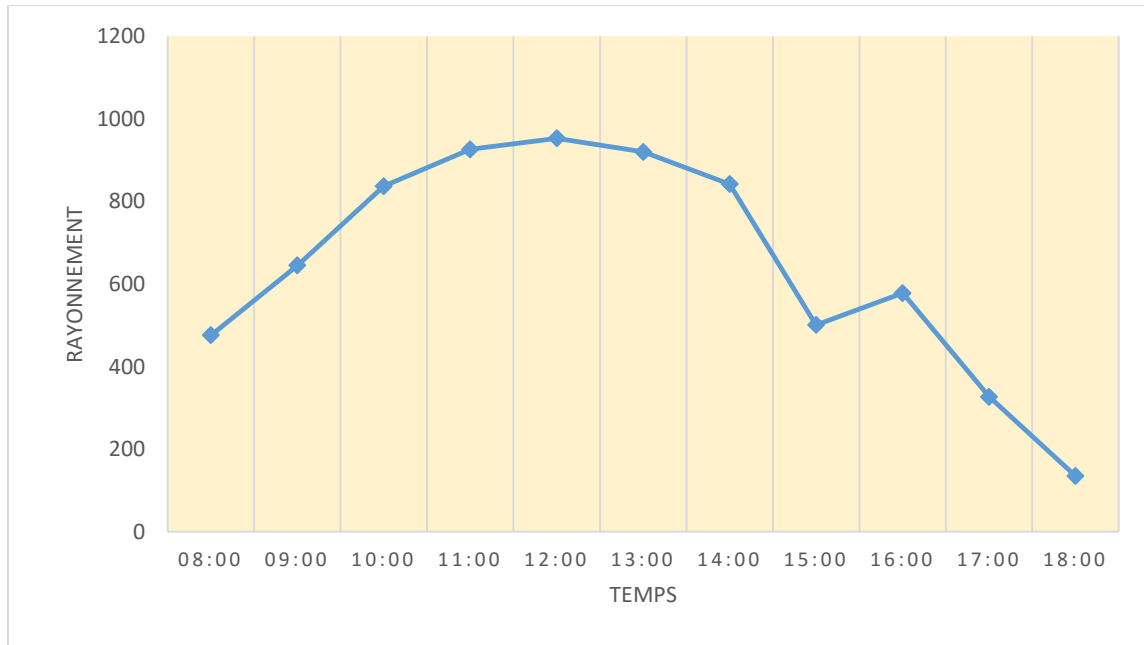


**Figure (III-1) :** Températures en fonction du temps

- Nous observons une augmentation significative de la température ambiante pour atteindre les maximas à l'entrée de la cheminée en passant respectivement par la température d'entrée du collecteur et la température au centre du collecteur.

- Ces températures culminent vers 16h00 et affichent les valeurs suivantes :  
 $T_a=38,2^{\circ}\text{C}$ ,  $T_e=40,5^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{cc}=44,4^{\circ}\text{C}$  et  $T_{ec}=45,3^{\circ}\text{C}$
- L'évolution de ces températures expliquent les liens qui existent entre-elles

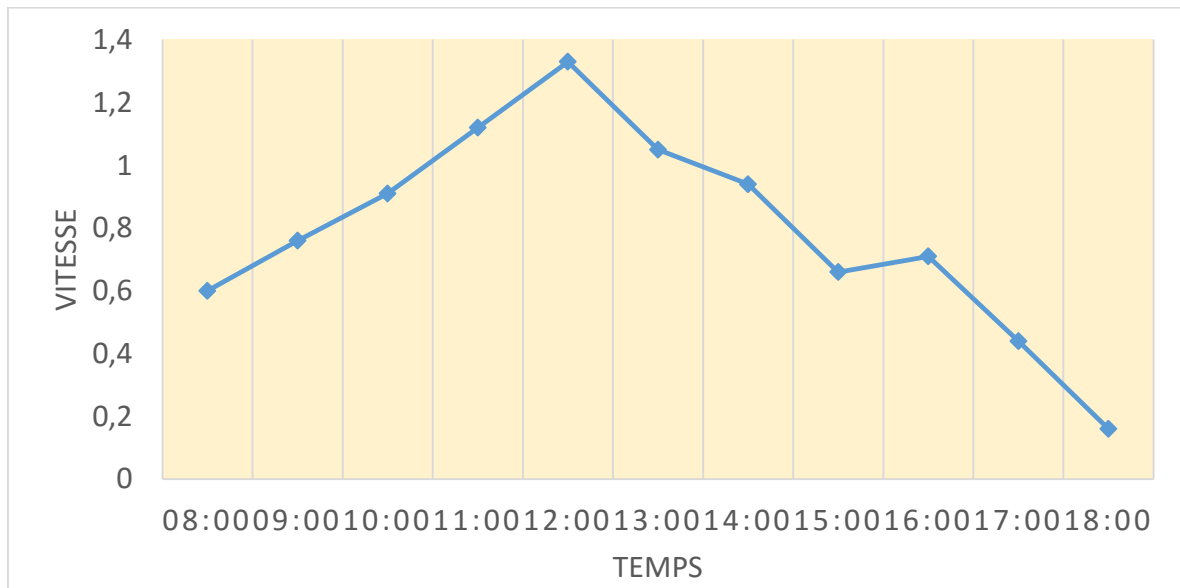
Le rayonnement comme la température, suit une cinétique avec un point culminant vers 12h00 où il atteint la valeur maximale de  $953 \text{ w.m}^2$  (figure III-2).



**Figure (III-2) :** Rayonnement en fonction du temps.

Le rayonnement à 08h00 est de  $476 \text{ w.m}^2$ , il augmente d'une façon progressive avec le temps jusqu'à atteindre sa valeur maximale de  $953 \text{ w.m}^2$  vers 12h00 ; à partir de ce moment le rayonnement commence à s'affaiblir.

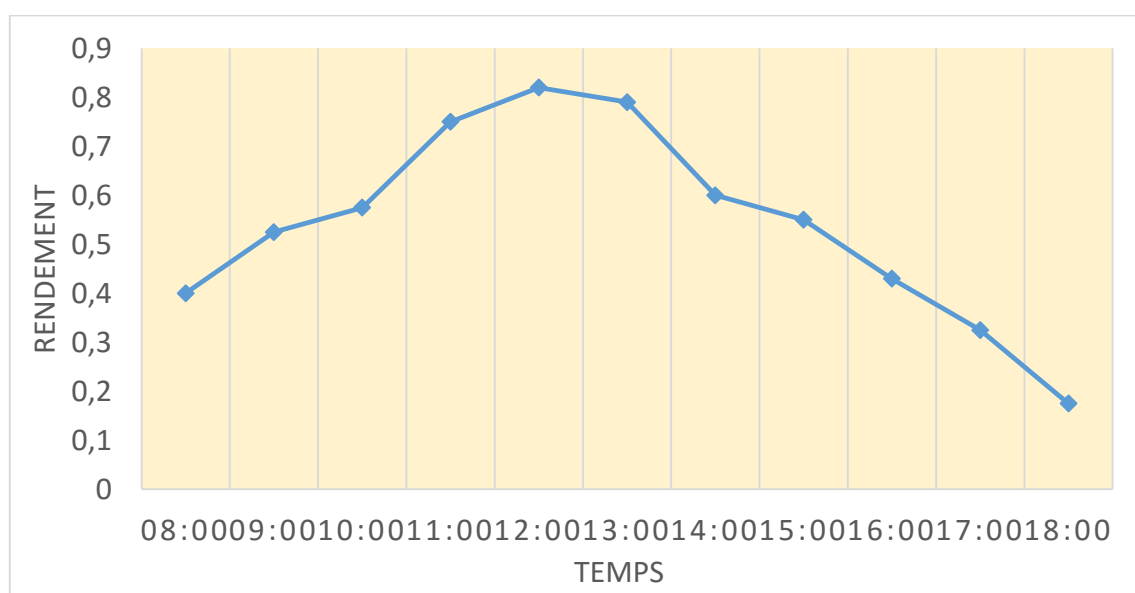
Les résultats obtenus attestent d'une vitesse d'écoulement acceptable, mais variable au cours de la journée oscillant entre 0,6 et 1,32 m/s (Figure III-3).



**Figure (III-3) :** Vitesse d'écoulement en fonction du temps.

L'écoulement à l'entrée de la cheminée débute avec une vitesse de 0.6 m/s au début de l'expérience soit 8h00 et 0,91 m/s à 11h00 et, suit une progression jusqu'à atteindre une vitesse maximale 1.32 m/s à 12h00 puis une amorce de baisse jusqu'à atteindre la valeur de 0.16m/s à 18h00.

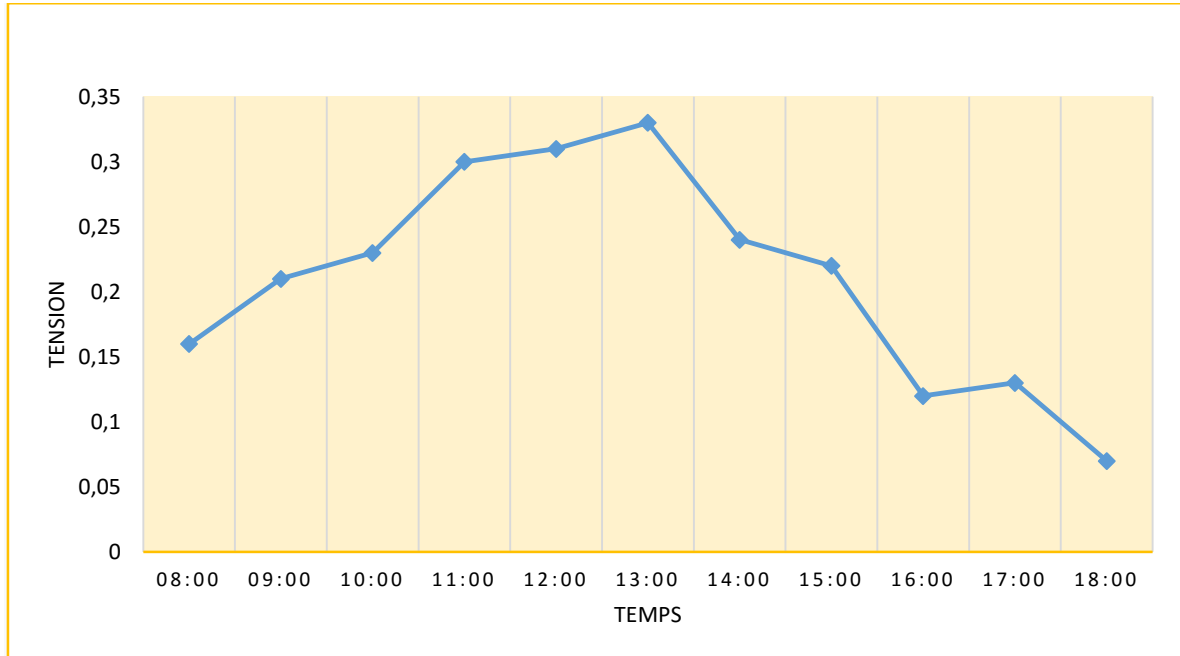
La mesure de rendement durant la journée indique le point culminant est atteint vers 13h00 avec une valeur de l'ordre de où il atteint la valeur maximale de 0.82 Figure (III-4)



**Figure (III-4) :** Rendement en fonction du temps

Le rendement à 08h00 est de 0.4 est augmenté jusqu'à 0.82 à 12h00 la valeur maximal. Après il monte à la valeur 0.17 à 18h00.

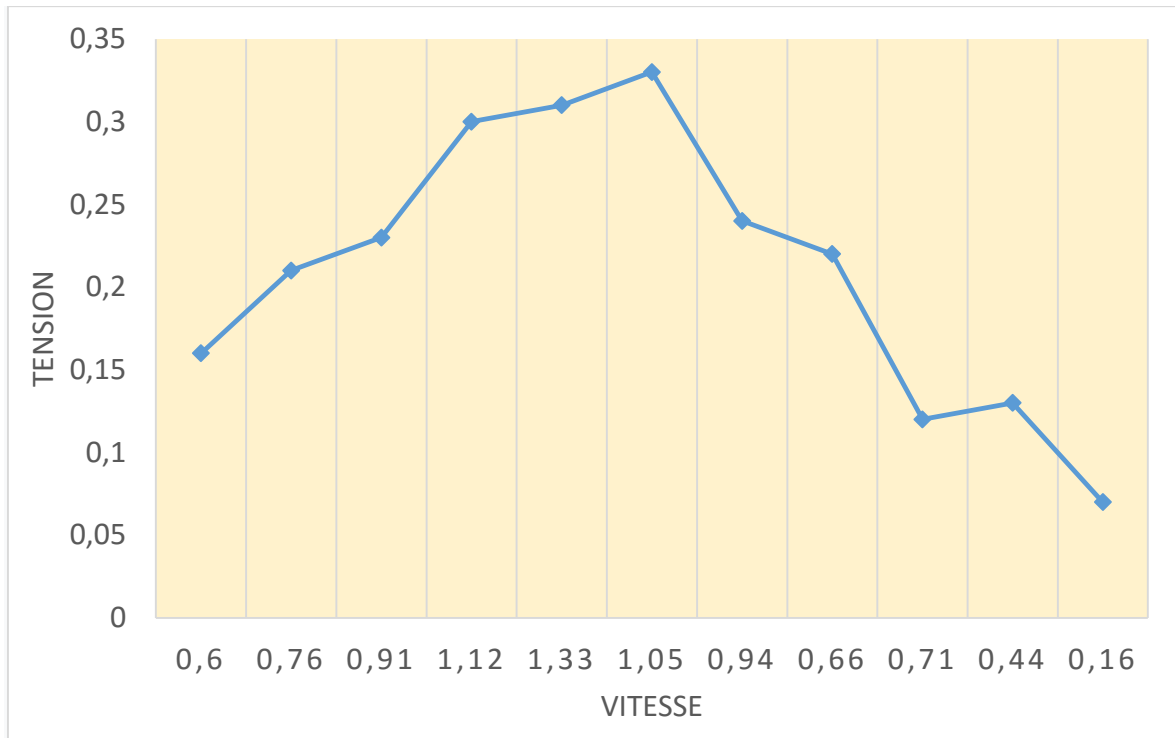
Les résultats obtenus montrent la quantité de tension mais variable Pendant la journée, fluctuant entre 0,07 et 0,32 V (Figure III-5).



**Figure (III-5)** : la tension en fonction du temps.

La tension commence à 0,16 V au début de l'expérience de 8h00 à 0,3 V à 11h00, suivie d'un gain maximal de 0,32 V à 12h00 et du début de la chute jusqu'à 0,07 V à 18h00.

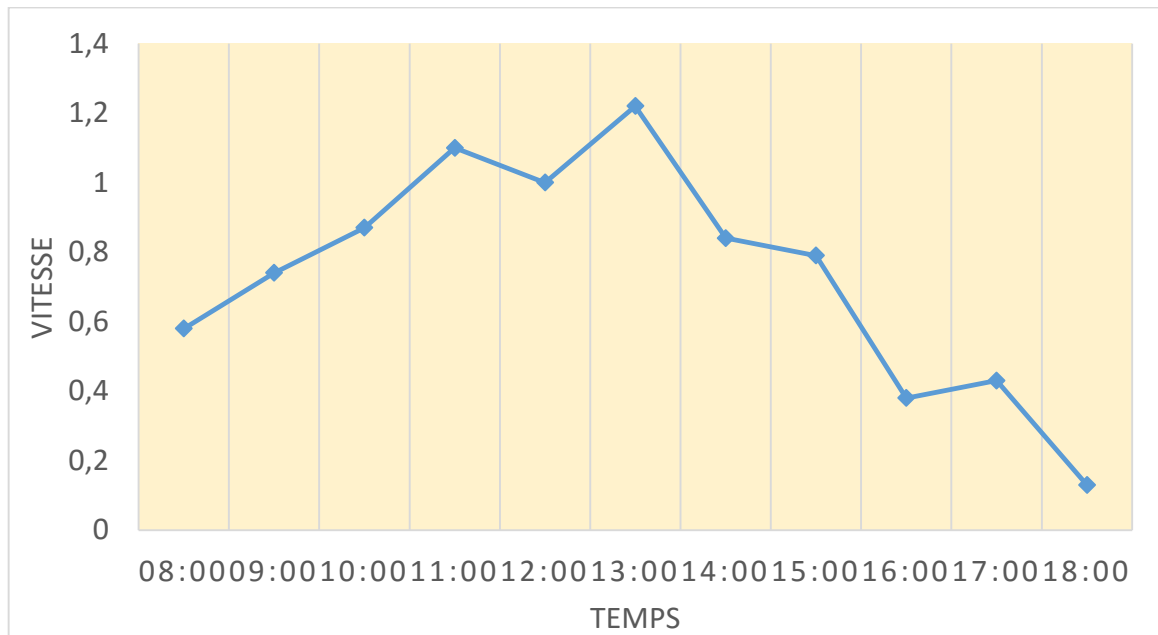
À ce niveau d'analyse, l'effet de la vitesse de l'air dans la cheminée sur la quantité de tension produite il existe une relation positive entre la vitesse de l'air dans la cheminée et la quantité de tension produite Figure (III-6).



**Figure (III-6) :** Tension en fonction de vitesse.

### III.3. Résultats d'essai pour (17 Juin 2019)

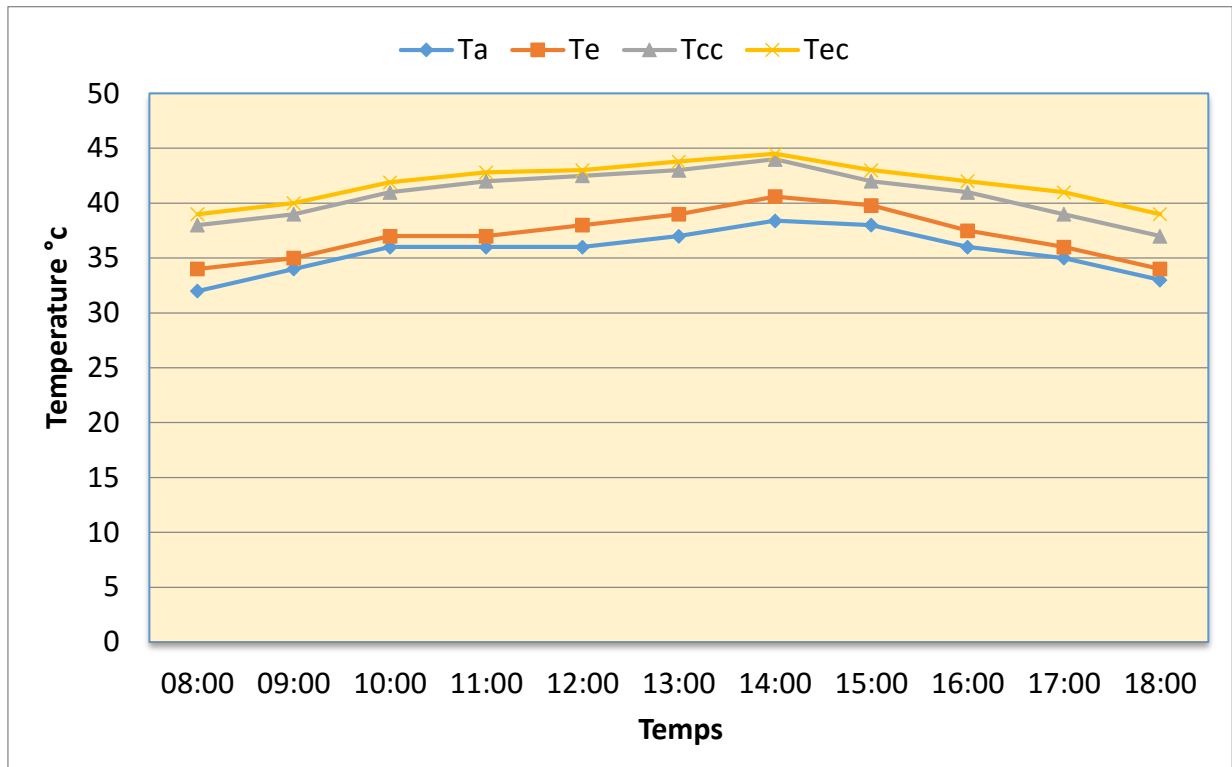
Le deuxième jour, les résultats obtenus indiquent un débit acceptable, mais une variable varie de 0,58 à 1,22 m / s au cours de la journée (Figure III-7).



**Figure (III-7) :** Vitesse en fonction du temps

L'écoulement à l'entrée de la cheminée débute avec une vitesse de 0.58 m/s au début de l'expérience soit 8h00 et 1,1 m/s à 11h00 et, puis chute à 0,1 m/s à 12h00 suit une progression jusqu'à atteindre une vitesse maximale 1.22m/s à 13h00 puis une amorce de baisse jusqu'à atteindre la valeur de 0.13m/s à 18h00.

Comme je l'ai mentionné plus tôt, nous avons mesuré les quatre températures ( $T_a$ ), ( $T_e$ ), ( $T_{cc}$ ) et ( $T_{ec}$ ) Figure (III-8).

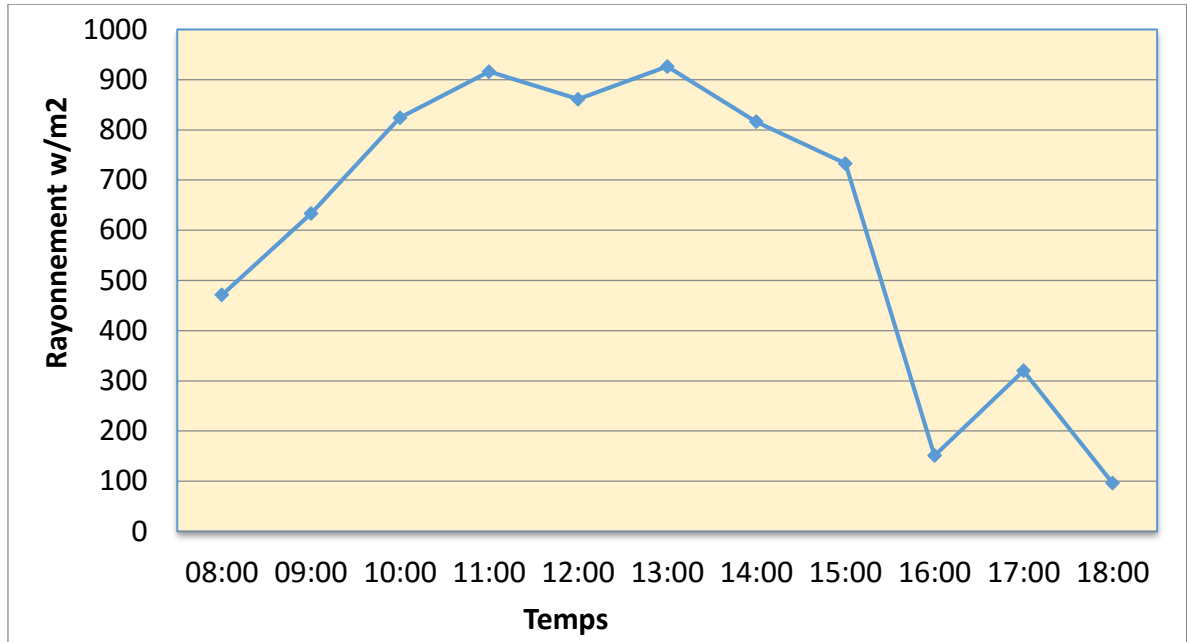


**Figure (III-8) :** Différentes températures en fonction du temps

Des résultats obtenus (figure III-8), nous tirons les conclusions suivantes :

- Nous remarquons une augmentation significative de la température ambiante pour atteindre les maximas à l'entrée de la cheminée en passant respectivement par la température d'entrée du collecteur et la température au centre du collecteur.
- Ces températures culminent vers 14h00 et affichent les valeurs suivantes :  $T_a=37,7^\circ\text{C}$ ,  $T_e=40,1^\circ\text{C}$ ,  $T_{cc}=44^\circ\text{C}$  et  $T_{ec}=44,9^\circ\text{C}$
- L'évolution de ces températures expliquent les liens qui existent entre-elles

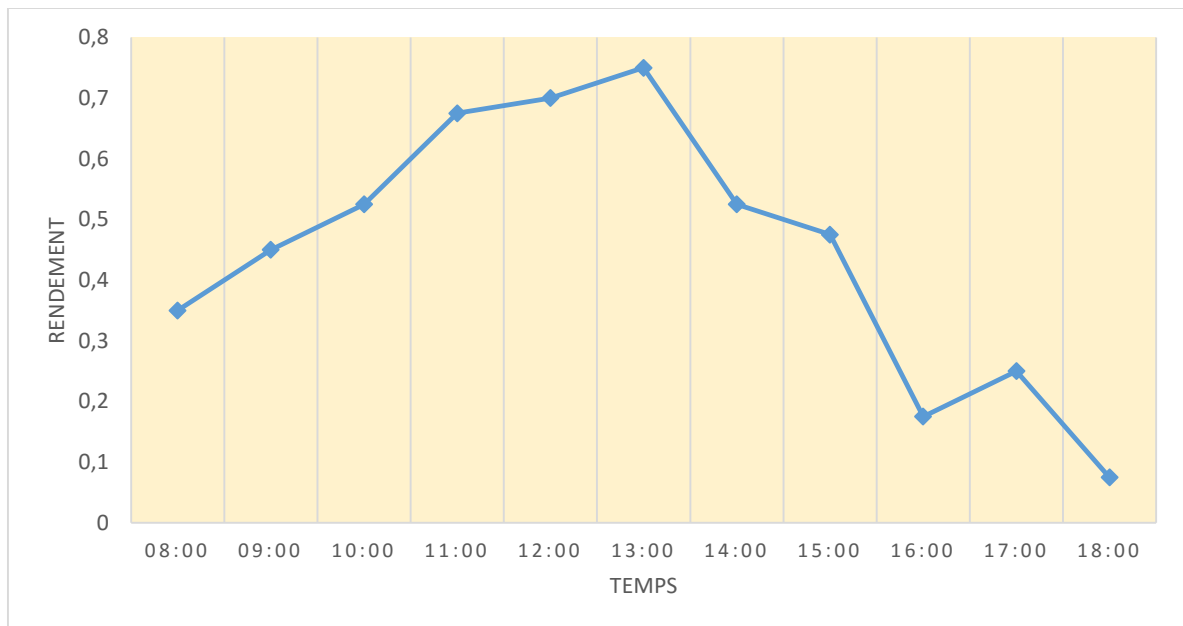
La mesure du rayonnement durant la journée indique une évolution de même allure que la température, le point culminant est atteint vers 13h00 avec une valeur de l'ordre de où il atteint la valeur maximale de  $926 \text{ w.m}^2$  (figure III-9)



**Figure (III-9) :** Rayonnement en fonction du temps.

Le rayonnement à 08h00 est de 471 w.m<sup>2</sup>, il augmente d’une façon progressive avec le temps jusqu’à atteindre sa valeur maximale de 926 w.m<sup>2</sup> vers 13h00 ; à partir de ce moment le rayonnement commence à s’affaiblir.

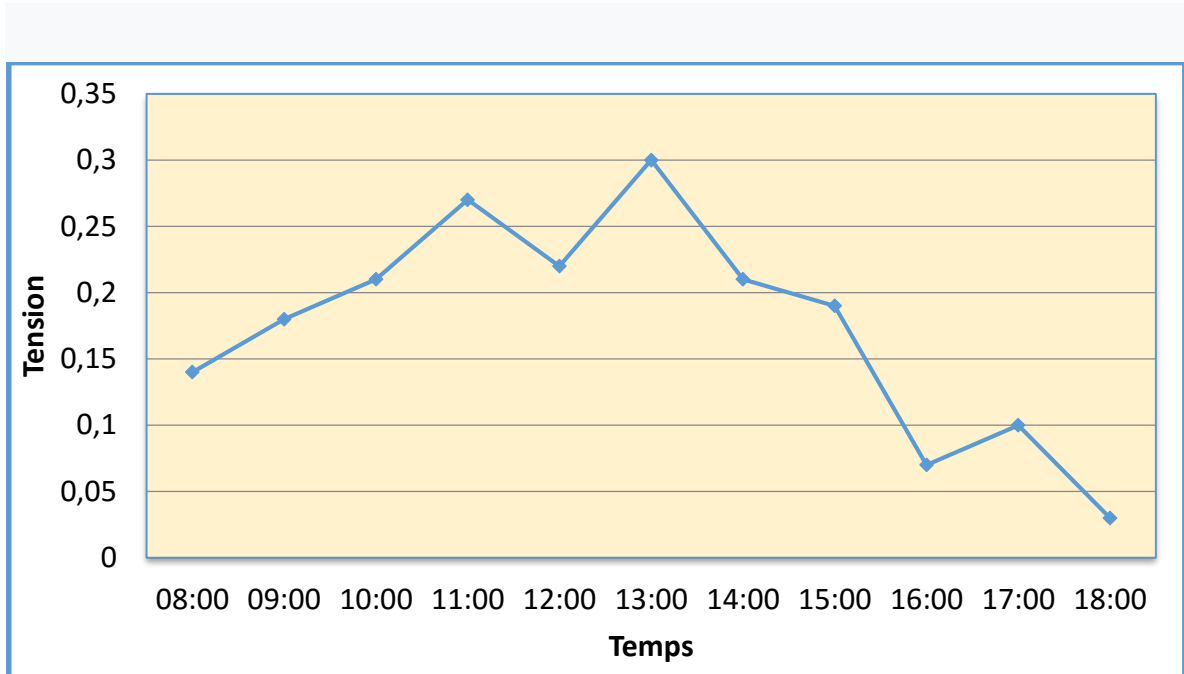
La mesure de rendement durant la journée indique le point culminant est atteint vers 13h00 avec une valeur de l’ordre de où il atteint la valeur maximale de 0.75 Figure (III-10)



**Figure (III-10) :** Rendement en fonction du temps.

Le rendement à 08h00 est de 0.35 est augmenté jusqu'à 0.75 à 13h00 la valeur maximal. Après il monte à la valeur 0.07 à 18h00.

Les résultats obtenus montrent la quantité de tension mais variable Pendant la journée, fluctuant entre 0,03 et 0,30 V (Figure III-11)



**Figure (III-11)** : la tension en fonction du temps.

La tension commence à 0,14 V au début de l'expérience de 8h00 à 0,27 V à 11h00 suivie d'un gain maximal de 0,30 V à 13h00 et du début de la chute jusqu'à 0,03 volt à 18h00.

À ce niveau d'analyse, l'effet de la vitesse de l'air dans la cheminée sur la quantité de tension produite il existe une relation entre la vitesse de l'air dans la cheminée et la quantité de tension produite.

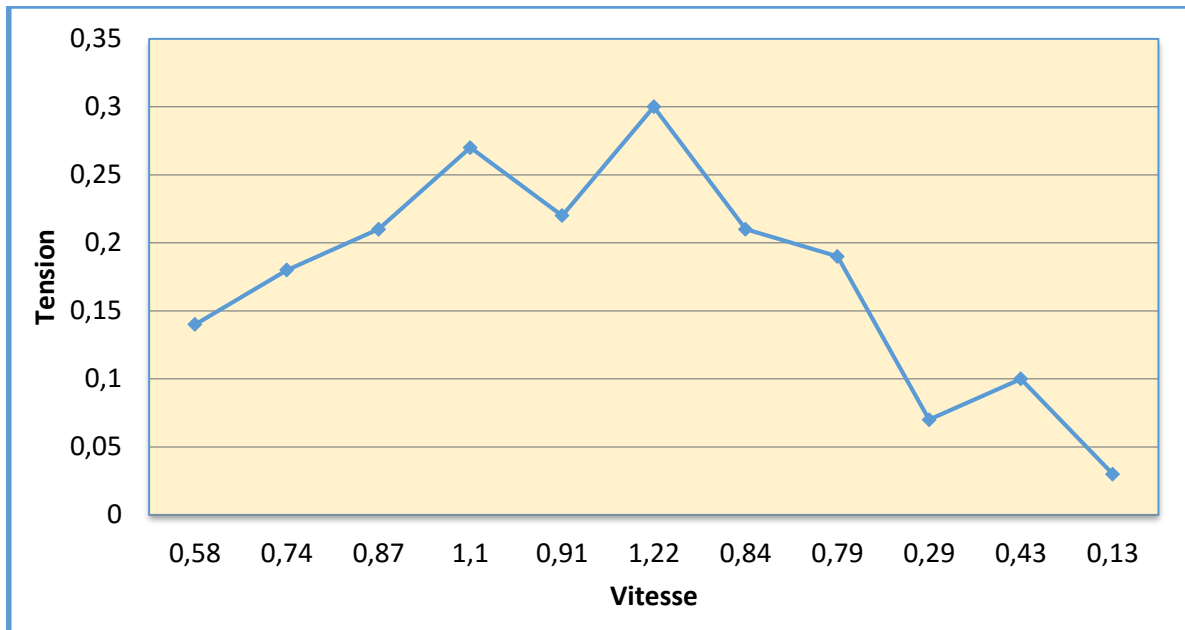
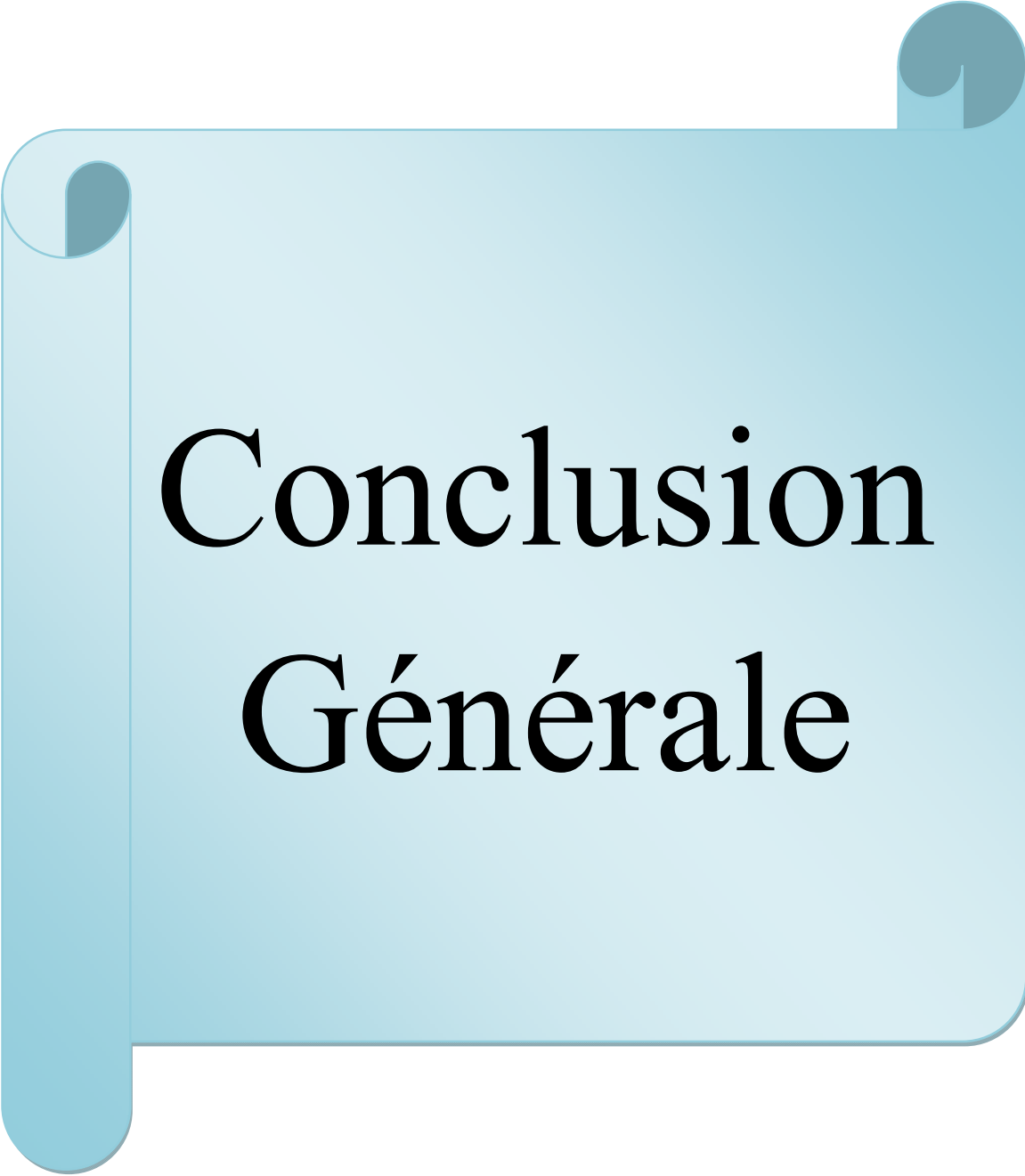


Figure (III-12) : Tension en fonction de vitesse.

### III.4 Conclusion

Pour la période d'essai effectué le : 16 et 17 juin 2019 ; et selon les différents graphes : vitesse de l'air, la température, le rayonnement et la tension tous les paramètres atteignent des valeurs maximales entre 12h00 et 14h00.



# Conclusion Générale

### Conclusion générale

La cheminée solaire est un générateur naturel de puissance qui utilise la radiation solaire pour augmenter l'énergie interne de l'air circulant dans le système, ce qui permet de transformer le gain utile du capteur solaire en énergie cinétique d'écoulement qui peut être transformée en énergie électrique au moyen d'une turbine appropriée (générateur électrique).

Les investissements de départ sont importants mais prévisibles ainsi que les matériaux nécessaires à sa construction (béton, verre, acier) sont disponibles en grandes quantités, et d'un point de vue financier, la tour solaire est moins onéreuse qu'une centrale nucléaire. De plus, une seule tour produirait suffisamment d'énergie électrique pour près de 200 000 foyers, mais ces avantages ne cachent pas les contraintes majeures qui inhibent le développement du projet de tour solaire à l'échelle mondiale.

Pour mieux fonctionner, une cheminée solaire doit être construite dans une région très ensoleillée et disposant de nombreux espaces inhabités ; les endroits les plus favorables se trouvent en Afrique du Nord et principalement au Sahara. Le désert algérien est donc parmi les endroits les plus remarquables au monde où l'ensoleillement global annuel est maximal et où les surfaces inoccupées ne manquent pas.

Les caractéristiques climatiques du Sahara algérien offrent des très bonnes conditions permettant certainement d'atteindre de bons rendements au niveau d'une cheminée solaire.

Le prototype de « cheminée solaire » conçu est inspiré d'autres prototypes et mis en service au niveau de la station météorologique de M'sila et suivi durant deux jours du mois de juin 2019.

Pour cette expérimentation, deux ouvertures du collecteur sont prises en considération et nous avons procédé aux différentes mesures de 08h00 à 18h00 avec des pas de temps de 1 heure.

Les résultats obtenus attestent que la vitesse d'écoulement à l'entrée de la cheminée est très importante, elle est variable au cours de la journée et s'élimine vers 18h00. Les rendements maximaux en matière de vitesse d'écoulement sont largement améliorés ; elle peut atteindre 1.32 m/s.

La quantité de tension enregistrée pour les deux jours, entre 12h00 et 14h00, heure à laquelle la température maximale est atteinte, en plus de l'intensité de la lumière :

## Conclusion Générale

---

Plusieurs sont les facteurs qui agissent sur la variation de la vitesse à l'entrée de la cheminée parmi eux la variation de la température au fil du temps à différents endroits du prototype. A cet effet, nous avons considéré quatre températures soit la température ambiante, la température d'entrée du collecteur, la température du centre du collecteur et la température d'entrée de la cheminée.

Les résultats obtenus attestent une augmentation significative de la température ambiante pour atteindre des maxima à l'entrée de la cheminée en passant respectivement par la température d'entrée du collecteur et la température au centre du collecteur. Les températures maximales sont obtenues entre 14h00 et 16h00, les températures à l'entrée de la cheminée étaient de 44.3, 45.9 respectivement pour deux jours.

Le rayonnement suit une cinétique avec un point culminant vers 12h00- 13h00 où il atteint la valeur maximale.

Les résultats obtenus militent en faveur d'une poursuite des recherches sur la tour solaire avec plus de variantes comme :

- Augmentation de l'effet de serre en changeant les matériaux de base de la cheminée comme bûche et bois respectivement par verre et cuivre.

En perspectives d'autres futures travaux peuvent être traités tel :

- L'ajout d'un concentrateur,
- Etude de l'effet de plusieurs colporteurs afin d'aboutir à une cheminée solaire à un rendement meilleur.

# Références Bibliographiques

- [1] Pablo González, Guillermo Gómez, OleGeisen : « les tours solaire, deux approches pour utiliser l'énergie du soleil », ENSTA Paris Tech, 5 .1.2011.
- [2] JörgSchlaich, Wolfgang Schiel: solar chimneys, Encyclopedia of Physical Science and Technology Third Edition, 2000, Consulting Engineers, Stuttgart.
- [3] JörgSchlaich, Wolfgang Schiel: solar chimneys, Encyclopedia of Physical Science and Technology Third Edition, 2000, Consulting Engineers, Stuttgart.
- [4] Abdulcelil BUĞUTEKİN, «Experimental study of temperature filed in a solar chimney plant in Adiyaman» .Isı BilimiveTekniğiDergisi, 32, 2, 73-80, 2012 J. of Thermal Science and Technology ©2012 TIBTD Printed in Turkey ISSN 1300-3615.
- [5] [http://www.ecosources.info/dossiers/Centrale\\_solaire\\_tour\\_effet\\_cheminee](http://www.ecosources.info/dossiers/Centrale_solaire_tour_effet_cheminee).
- [6] Pablo González, Guillermo Gómez, OleGeisen : « les tours solaire, deux approches pour utiliser l'énergie du soleil », ENSTA Paris Tech, 5 .1.2011.
- [7] <http://ladolcevita4.canalblog.com/archives/2008/03/21/8403052.html>.  
comportement aérothermique dans une cheminée solaire combinée avec l'énergie géothermique » Mémoire master en génie mécanique université Ouargla 2011.
- [9] A. KASAEIAN, M. GHALAMCHI, M. GHALAMCHI, “Simulation and optimization of geometric parameters of a solar chimney in Tehran“, Energy Conversion and Management 83 pp28–34, (2014).
- [10] <http://nice-fictions.fr/wp-content/uploads/2014/11/presentation-tour-solaire-2>
- [11] [http://www.toursolaire.fr/prts.php?PHPSESSID=f9af559820087d4e03f8770e419 c f19](http://www.toursolaire.fr/prts.php?PHPSESSID=f9af559820087d4e03f8770e419c f19).

[12][http://www.enerzine.com/1/12410+arizona---une-tour-solaire-de-800 metres-dehaut+.html](http://www.enerzine.com/1/12410+arizona---une-tour-solaire-de-800-metres-dehaut+.html).

[13] Ismail zabat, « Etude numérique de l'efficacité dimensionnelle d'une cheminée solaire », Master en mécanique énergétique, université de Kasdi Merbah Ouargla 2011.

## ملخص

الغرض من هذه الدراسة هو تحقيق مدخنة شمسية ذات فتحتين ودراسة الجهد الناتج عن مولد كهربائي مع دراسة تأثير الخطوات المتساوية

**كلمات مفتاحية:** مدخنة شمسية، محصول، المجمع، مولد كهربائي، الجهد

## Résumé

Le but de l'étude est la réalisation un cheminée solaire avec deux ouverture et l'étude de la tension générée par un générateur électrique avec l'étude de l'influence des Pas égaux paramètres.

**Note\_clés :** cheminée solaire, rendement, collecteur, générateur électrique, Tension

## Summary

The purpose of the study is the realization of à solar chimney with two opening and the study of the voltage generated by an electric generator with the study of the influence of the equal steps.

Key note : solar chimney, efficiency, collector, electric generator, effort