

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



UNIVERSITE KASDI MARBAH OUARGLA  
FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES  
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES



**Mémoire**

**Master Académique**

**Domaine :** Sciences et Techniques

**Filière :** Génie des Procédés

**Spécialité :** Génie Chimique

**Présenté Par :** LAKHDARI M<sup>ed</sup> Sighér et MOKRANI Omar Ben Khettab

**THEME**

**Etude expérimentale d'une cheminée solaire au  
Sud Algérien région d'Ouargla**

**Soutenue publiquement le : 01 / 06 / 2017**

**Devant le jury:**

Mr. Med Hassen Sellami (MCA)	Président	UKM Ouargla
Mr. Belakoum Rassim (MCB)	Examineur	UKM Ouargla
Melle. Souad Zighmi (MAA)	Examinatrice	UKM Ouargla
Mr. Segni Ladjel ( Prof )	Encadreur	UKM Ouargla

**Année Universitaire : 2016 /2017**

## **REMERCIEMENTS**

*D'abord je remercie le grand Dieu de m'avoir aidé à réaliser ce modeste travail.*

*Nous remercions sincèrement et très chaleureusement, notre encadreur Professeur **Segni Ladjel**, pour tous ses efforts, les mots manquent pour lui exprimer toute notre profonde gratitude, que ce soit pour sa disponibilité permanente. Nous avons agréablement aimé travailler avec lui, nous sommes fiers d'être ses étudiants.*

*Nous tenons à remercier les membres du jury:*

***Mr. M<sup>ed</sup> Hassen Sellami** (Président)*

***Mr. Belakoum Rassim** (Examineur)*

***Melle. Souad Zighmi** (Examinatrice)*

*D'avoir accepté de juger ce travail.*

*Et aussi exprimer mes remerciements aux travailleurs de l'entretien de l'atelier qui ont participé activement à la confection et au montage du prototype de cheminée solaire en particulier : **Mohammed Helli, Abd Al Karim Boughaba, Hassan Manzer, Sulaiman Bafлах, Ami Salah et Massoud Abanai.***

*Enfin nos remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'aboutissement à la réalisation de ce travail.*

## *Sommaire*

REMERCIEMENTS	
SOMMAIRE	
LISTE DES FIGURES ET DES GRAPHERS	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES ABREVIATIONS	
INTRODUCTION GENERALE.....	1
<b>Chapitre I : Généralités sur les énergies renouvelables</b>	
I.1.Introduction.....	4
I.2. Les sources d'énergies renouvelables.....	4
I.2.1. L'énergie solaire.....	4
I.2.2. L'éolienne.....	5
I.2.3. L'hydraulique.....	6
I.2.4. La biomasse.....	6
I.2.5. La géothermie.....	6
I.3. Potentiels des énergies renouvelables en Algérie.....	7
I.3.1. Potentiel solaire.....	7
I.3.2. Potentiel éolienne.....	8
I.3.3. Potentiel hydroélectrique.....	9
I.3.4. Le Potentiel de la biomasse.....	9
I.3.5. Potentiel géothermique.....	9
I.4. l'Albien.....	9
I.4.1. Présentation de l'albien.....	9
I.5. Région d'Ouargla.....	10
<b>Chapitre II : La cheminée solaire</b>	
II.1. Introduction.....	14
II.2. Principe de fonctionnement de la cheminée solaire.....	14
II.3. Principaux éléments de la cheminée solaire.....	15
II.4.Les systèmes du stockage d'énergie et d'échange de chaleur.....	15
II.4.1 Le stockage d'énergie.....	15
II.4.2. Système d'échange de chaleur.....	16
II.5.Etude de la performance de la cheminée solaire.....	16
II.5.1.L'effet de la température ambiante et de l'éclairement solaire.....	17
II.5.2.L'effet du diamètre du collecteur et de la hauteur de la cheminée.....	17
II.5.3.L'effet du débit massique.....	18
II.5.4.L'effet de vitrage.....	19

II.6. Les avantages et les inconvénients de la cheminée solaire.....	20
II.7. Etudes expérimentales.....	21
II.8. Projets de Centrales à Cheminée Solaire.....	21
II.8.1. Prototype de Manzanares.....	21
II.8.2. Le projet Australien.....	22
II.8.3. Le projet Espagnol.....	23
II.8.4. Le projet Namibien.....	23
II.8.5. Le projet Chinois.....	24
<b>Chapitre III: Conception et méthodes de mesure</b>	
III.1. Introduction.....	26
III.2. Prototype de cheminée solaire 1/(Ouargla).....	26
III.2.1. Structure et composant.....	27
III.3. Prototype de cheminée solaire 2/(Ouargla).....	28
III.3.1. Structure et composant.....	28
III.4. Système d'échange de chaleur.....	31
III.5. Paramètre étudiées.....	32
III.6. Instruments de mesure utilisés dans l'expérience.....	32
<b>Chapitre IV: Résultats &amp; Discussions</b>	
IV.1. Introduction.....	36
IV.2. Premier prototype (Ouargla).....	36
IV.2.1 Graphes.....	36
IV.2.2 Interprétation et discussion des résultats.....	39
IV.2.3 Graphes.....	40
IV.2.4 Interprétation et discussion des résultats.....	42
IV.3. Le deuxième prototype (Ouargla).....	44
IV.3.1. La première expérience.....	44
IV.3.1.1. Graphes.....	44
IV.3.1.2 Interprétation et discussion des résultats.....	46
IV.3.2. deuxième expérience.....	48
IV.3.2.1 Graphes.....	48
IV.3.2.2 Interprétation et discussion des résultats.....	49
CONCLUSION GENERALE.....	50
REFERENCES BIBLIOGRAPHIE.....	52

## *Liste des figures et des graphes*

<b>Fig.1:</b> Irradiation globale journalière reçue sur un plan horizontal au mois de Juillet et de décembre.....	7
<b>Fig.2 :</b> Irradiation globale journalière reçue sur plan normal au mois de Décembre et Juillet.....	8
<b>Fig.3 :</b> Tracé des vitesses moyennes du vent à 10 m du sol.....	8
<b>Fig.4 :</b> les sources d'Albien dans le sud algérien.....	10
<b>Fig.5 :</b> wilaya d'Ouargla.....	10
<b>Fig.6 :</b> Coupe Hydrogéologique Schématique.....	12
<b>Fig.7 :</b> Schéma présentatif de la cheminée solaire.....	15
<b>Fig.8 :</b> Effet de la température ambiante et l'éclairement sur la production d'énergie.....	17
<b>Fig.9 :</b> Effet de la hauteur de la cheminée et du diamètre du collecteur sur la production d'électricité pour un éclairement de 600 W/m <sup>2</sup> .....	18
<b>Fig.10 :</b> Variation de la puissance électrique en fonction de débit.....	18
<b>Fig.11 :</b> Production annuelle d'énergie de l'électricité par la cheminée solaire.....	19
<b>Fig.12 :</b> Prototype de Manzanares en Espagne.....	22
<b>Fig.13 :</b> Projet namibien.....	24
<b>Fig.14 :</b> image de prototype de cheminée solaire 1.....	26
<b>Fig.15 :</b> Support de Cheminée.....	27
<b>Fig.16 :</b> couvert de plastique transparent PVC et du verre.....	27
<b>Fig.17 :</b> image de prototype de cheminée solaire 2.....	28
<b>Fig.18 :</b> Support de Cheminée.....	28
<b>Fig.19 :</b> couche de gravier 0.05 m.....	29
<b>Fig.20 :</b> couche de sable 0.05 m.....	29
<b>Fig.21 :</b> couche plastique.....	30
<b>Fig.22 :</b> laine de verre 0.025 m.....	30
<b>Fig.23 :</b> couche gravier 0.1 m.....	30
<b>Fig.24 :</b> couche de sable 0.1m.....	30
<b>Fig.25 :</b> couche de plastique noir.....	30
<b>Fig.26 :</b> Système chauffage électrique.....	31
<b>Fig.27 :</b> Tube de cuivre en serpentín.....	31
<b>Fig.28 :</b> Mac solar.....	32
<b>Fig.29 :</b> anémomètre à hélice testo 416.....	33
<b>Fig.30 :</b> Appareil chauvin-arnoux C.A 1051.....	34
<b>Fig.31 :</b> l'irradiation solaire et la température ambiante en fonction du temps local.....	36

<b>Fig.32</b> : la vitesse du vent en fonction du temps local.....	37
<b>Fig.33</b> : l'Effet de l'ouverture de la périphérie du collecteur sur la température du centre de collecteur en fonction du temps local.....	37
<b>Fig.34</b> : l'Effet de l'ouverture sur la différence entre la température de centre du collecteur et la température ambiante en fonction de temps local.....	38
<b>Fig. 35</b> : Vitesse de l'air à l'entrée de la cheminée pour chaque ouverture périphérique du collecteur en fonction de temps local.....	38
<b>Fig.36</b> : Les températures à différentes positions dans le prototype en fonction de temps.....	40
<b>Fig.37</b> : Vitesse de l'air à l'entrée de la cheminée en fonction de temps.....	40
<b>Fig.38</b> : Vitesse de l'air à l'entrée de la cheminée avec l'éclairement solaire en fonction de temps.....	41
<b>Fig.39</b> : Variation de la vitesse de l'air à l'entrée de la cheminée avec la température ambiante en fonction du temps.....	41
<b>Fig.40</b> : Variation de la vitesse de l'air à l'entrée de la cheminée avec la vitesse de vent en fonction de temps.....	42
<b>Fig.41</b> : Variation de la température ambiante et la différence de température de l'eau entrant et sortant dans la cheminée solaire $\Delta T_{\text{eau}}$ en fonction de temps local.....	44
<b>Fig.42</b> : Variation de la température du centre de collecteur et la différence de température de l'eau entrant et sortant dans la cheminée solaire $\Delta T_{\text{eau}}$ en fonction de temps local.....	44
<b>Fig.43</b> : Variation de la vitesse de l'air à l'entrée de la cheminée et la $\Delta T_{\text{eau}}$ en fonction de temps local.....	45
<b>Fig.44</b> : Distribution de la température dans la cheminée solaire.....	45
<b>Fig.45</b> : Comparaison de la vitesse de l'air à l'entrée de la cheminée au matin avec et sans énergie géothermale.....	48
<b>Fig.46</b> : Variation de $\Delta T_{\text{eau}}$ dans la cheminée solaire et la température de centre du collecteur en fonction de temps.....	48

### *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1</b> : Energie reçue et durée de l'ensoleillement suivant la région.....	7
<b>Tableau 2</b> : caractéristiques de l'Albien dans la région d'Ouargla.....	11
<b>Tableau 3</b> : Liste des prototypes d'analyse expérimentale.....	21

## *Liste des abréviations :*

**ER** : Energies Renouvelables

**TEP** : Tonnes Equivalent Pétrolier

**Tecl** : Température à l'entrée du collecteur [ $^{\circ}\text{C}$ ]

**Tccl** : Température au centre du collecteur [ $^{\circ}\text{C}$ ]

**Tech** : Température à l'entrée de cheminée [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\Delta T_{\text{eau}}$  : différence de température de l'eau entrant et sortant dans la cheminée solaire [ $^{\circ}\text{C}$ ]

**T<sub>amb</sub>** : Température ambiante [ $^{\circ}\text{C}$ ]

**Rs** : Intensité du rayonnement solaire [ $\text{W}/\text{m}^2$ ].

**Vent** : Vitesse du vent [ $\text{m}/\text{s}$ ]

**Vech** : Vitesse de l'air dans l'entrée de la cheminée [ $\text{m}/\text{s}$ ]

**Vech (géo)** : Vitesse d'air à l'entrée de cheminée au matin avec l'énergie géothermique [ $\text{m}/\text{s}$ ]

## Introduction générale

La progression rapide de la demande énergétique mondiale et l'échéance des réserves d'énergies fossiles favorisent le développement des énergies renouvelables, ces énergies, que l'on appelle renouvelables, ont été depuis longtemps et pour la plupart les seules énergies disponibles, faibles en puissance, dispersées sur les territoires. Le charbon, le pétrole, le gaz, concurrents à partir du 18<sup>ème</sup> siècle et sources d'énergie beaucoup plus concentrées et plus efficaces, ne sont pas équitablement répartis sur les territoires, ils ont été sources de conflits. [1]

Les gisements des ressources énergétiques traditionnelles, d'origines principalement fossiles, ne peuvent être exploités que pour quelques décennies, ce qui laisse présager d'une situation de pénurie énergétique au niveau mondial de façon imminente, d'une part ; d'autre part, les déchets des centrales nucléaires posent d'autres problèmes en termes de pollution par des déchets radioactifs.

Pour subvenir aux besoins en énergie de la société actuelle, il est nécessaire de trouver des solutions adaptées et de les diversifier. Actuellement, il y a principalement deux façons possibles d'agir. La première est de diminuer la consommation des récepteurs d'énergie électrique et augmenter la productivité des centrales énergétiques en améliorant respectivement leur efficacité. Une deuxième méthode consiste à trouver et à développer de nouvelles sources d'énergie.

Dans l'immédiat, nous disposons de ressources en énergie renouvelable inépuisables, que nous sommes en mesure d'exploiter de plus en plus facilement et proprement. Néanmoins, les techniques d'extraction de la puissance de ces ressources demandent des recherches et des développements plus approfondis visant à fiabiliser, baisser les coûts et augmenter l'efficacité énergétique. [2]

Les pays peu pourvus en combustibles fossiles cherchent dans les énergies renouvelables une plus grande autonomie énergétique et d'indépendance politique. Le spectre de l'épuisement des ressources fossiles, l'angoisse du futur les ont fait nommer « *renouvelables* ».

Les énergies renouvelables peuvent être classées en trois grandes familles, l'énergie d'origine mécanique (la houle, éolien), énergie électrique (panneaux photovoltaïques) ou l'énergie sous forme de la chaleur (géothermie, solaire thermique,...etc.) en sachant qu'à la racine de toutes ces énergies est l'énergie en provenance du soleil transformée ensuite par l'environnement terrestre.[3]



Le Sud Algérien présente un gisement solaire important, la conversion d'énergie solaire à la forme électrique se présente sous différentes formes: photovoltaïque, cheminée solaire ...etc.

La cheminée solaire est une centrale à énergie renouvelable construite de manière à ce que l'air d'une serre chauffé par le soleil soit canalisé dans une cheminée, afin d'actionner des turbines pour produire de l'électricité.

Dans notre travail on a étudié l'effet des paramètres expérimentaux (température ambiante, vitesse de l'air ,la radiation solaire....etc.) sur la performance de la cheminée solaire pour la production d'électricité et on a réglé le problème de stockage d'énergie thermique dans la cheminée solaire à l'ombre avec l'utilisation des énergies géothermales nommées par l'ALBIEN, cette dernière peut servir pour maintenir la température du collecteur pendant la nuit, cette dernière est en abondance dans la région d'Ouargla qui se caractérise par une température qui peut atteindre 70 °C.

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 énergies renouvelables où l'énergie solaire est mise en évidence.
- ❖ Une rétrospective sur un des moyens de domestication de l'énergie solaire à savoir la cheminée solaire ; il est fait essentiellement une présentation des différentes tours solaires à travers le monde ainsi que le principe et le mode de fonctionnement d'une cheminée solaire.
- ❖ 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 essentiellement celui ayant trait au rendement de la cheminée solaire.

Enfin, une conclusion générale où les résultats obtenus sont mis en relief.

# **Chapitre I**

**Généralités sur les énergies renouvelables**

## I.1.Introduction

Les énergies renouvelables (ER en abrégé) sont des sources d'énergies qui sont inépuisables à l'échelle du temps humain, largement disponibles, essentiellement gratuites et sont compatibles avec certain respect environnemental. Les ER les plus couramment utilisées sont décrites ci-dessous.

- Le solaire est une utilisation directe des rayons du soleil pour produire de la chaleur et/ou de l'électricité.
- L'éolien est une énergie produite à partir de la force du vent, qui est utilisé de manière mécanique.
- La biomasse est l'ensemble de la matière organique d'origine végétale ou animale. C'est de l'énergie solaire transformée par les plantes chlorophylliennes qui sont utilisées soit directement (bois de chauffage) soit après de nouvelles transformations chimiques (biogaz, biocarburant).
- L'hydroélectrique vient de la transformation de l'énergie potentielle de gravitation de l'eau est convertie en énergie mécanique par des turbines. Ensuite ; elle peut être transformée en électricité.
- La géothermie est l'utilisation directe des gradients de température terrestre ou de sources chaudes.

## I.2. Les sources d'énergies renouvelables

### I.2.1. L'énergie solaire

L'énergie solaire est l'énergie que dégage le soleil sous forme de rayonnement, direct ou diffus sur terre. L'énergie solaire est à l'origine du cycle de l'eau et de vent, le règne végétal dont dépend le règne animal, l'utilise également en la transformant en énergie chimique par la photosynthèse. Grâce aux diverses exécution, elle peut être transformée en une autre forme d'énergie utile pour l'activité humaine, notamment en chaleur, en électricité ou en biomasse. Par extension, l'expression « énergie solaire » est souvent employée pour désigner l'électricité ou l'énergie thermique obtenue à partir du rayonnement solaire. [4]

#### I.2.1.1. Captation

Il existe différentes techniques pour capter une partie de l'énergie solaire à savoir [5] :

## L'énergie solaire thermique

Le thermique solaire est un procédé de transformation de l'énergie solaire en une forme thermique, qu'on peut utiliser :

- En usage direct de la chaleur : chauffe-eau solaire, chauffage solaire cuisinière et séchoir solaire.
- En usage indirect où la chaleur sert pour un autre usage : centrales solaires thermodynamiques, froid solaire.

## L'énergie solaire thermodynamique

L'énergie solaire thermodynamique utilise le solaire thermique pour produire de l'électricité selon le même principe qu'une centrale électrique classique mais en utilisant des centrales hélios thermoélectrique. [6]

Trois types principaux de centrales sont utilisés :

- Les centrales à capteur cylindro-parabolique pour atteindre des températures entre 300 et 350 °C.
- Les centrales à capteurs parabolique pour atteindre des températures de 1000 °C ou plus.
- Les centrales à tour pour atteindre 1000 °C.

## L'énergie solaire photovoltaïque

Elle permet de produire de l'électricité par transformation d'une partie du rayonnement solaire avec une cellule photovoltaïque.

Les photopiles utilisent l'effet photovoltaïque, elles sont formées d'une couche d'un matériau semi-conducteur et d'une jonction semi-conductrice le silicium est le plus employé ; cependant, l'arséniure de gallium offre des meilleures performances, mais reste beaucoup plus onéreux.

### I.2.2. L'éolienne

Les énergies éoliennes sont notamment caractérisées par des déplacements de masse d'air à l'intérieur de l'atmosphère. C'est l'énergie mécanique de ces déplacements de masse d'air qui est à la base de l'énergie éolienne. L'énergie éolienne consiste ainsi à utiliser cette énergie mécanique par l'intermédiaire d'un rotor et de pales ; cette source est non polluante.

Néanmoins l'énergie éolienne est intermittente, et l'installation de parc éolien engendre des impacts paysagés et sonores. [7]

### **I.2.3. L'hydraulique**

L'énergie électrique est produite par la transformation de l'énergie cinétique de l'eau en énergie électrique par l'intermédiaire d'un rotor alternateur relié à un ensemble mécanique situé autour de la roue motrice. La quantité d'énergie extraite de l'eau retenue derrière un barrage dépend du volume d'eau et de la hauteur de chute. Cette source a l'avantage de ne pas être polluante. On peut maîtriser le stockage de l'énergie d'une manière assez simple afin de débarrasser les cours d'eau des déchets grâce aux différents filtres des barrages, la technologie nécessaire pour son utilisation est maîtrisée. Le bruit, l'impact sur la vie aquatique, des installations complexées, et des sites limités pour l'exploitation sont ses principaux inconvénients. [8]

### **I.2.4. La biomasse**

La biomasse désigne toute la matière vivante d'origine végétale ou animale de la surface terrestre. Généralement, les dérivés ou déchets sont également classés dans la biomasse. Des différents types sont à considérer : le bois énergie, les biocarburants et le biogaz. Le bois énergie est une ressource très abondante, c'est la ressource la plus utilisée au monde. Il s'agit aussi d'énergie solaire stockée sous forme organique grâce à la photosynthèse. Elle est exploitée par combustion. Cette énergie est renouvelable à condition que les quantités brûlées n'excèdent pas les quantités produites. [9]

### **I.2.5. La géothermie**

La géothermie peut se définir comme étant la technique qui consiste à puiser dans le sous-sol ou dans les roches, les calories qui y sont contenues, afin de les rendre disponibles en surface pour des applications de chauffage ou de production d'électricité. Dans des cas particuliers, la géothermie peut consister à injecter de la chaleur dans le sous-sol afin de refroidir les installations de surface. Différents sources de chaleurs sont à l'origine de la chaleur interne de la terre : la radioactivité, la chaleur initiale, la chaleur de différenciation et les mouvements différentiels. Par rapport à d'autres énergies renouvelables, la géothermie présente l'avantage de ne pas dépendre des conditions atmosphériques ; c'est donc une énergie fiable et disponible dans le temps. Cependant, il ne s'agit pas d'une énergie entièrement inépuisable dans le sens où un puits verra un jour son réservoir calorifique diminuer. Si les installations géothermiques sont technologiquement au point et que l'énergie qu'elles prélèvent est gratuite, leur coût demeure, dans certains cas très élevé. [10]

### I.3. Potentiels des énergies renouvelables en Algérie

#### I.3.1. Potentiel solaire

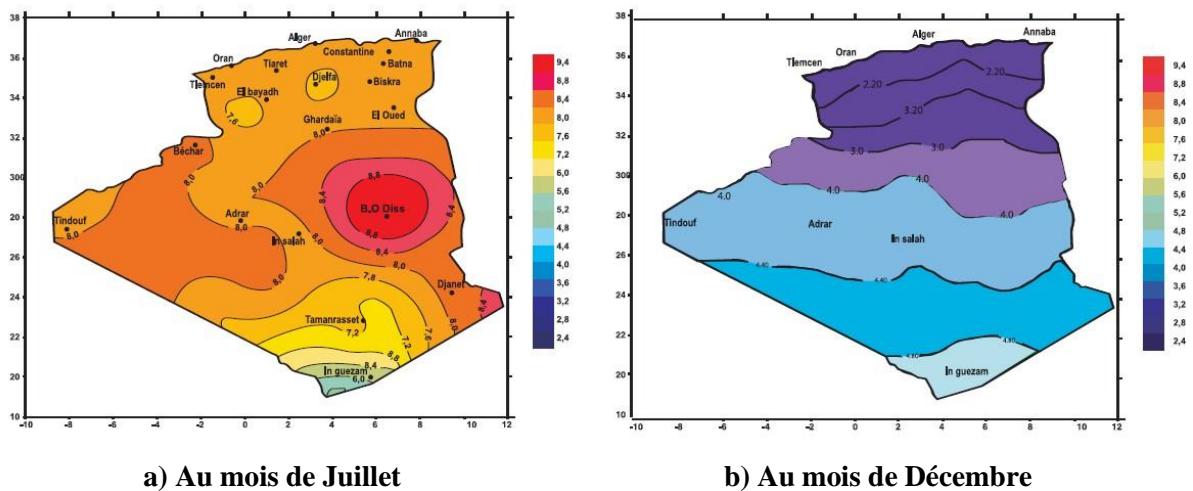
De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus importants du monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et atteint les 3900 heures (Hauts plateaux et Sahara). L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m<sup>2</sup> est l'ordre de 5 KWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 KWh/m<sup>2</sup>/an au Nord et 2263KWh/m<sup>2</sup>/an au sud du pays.

Le Tableau 1 ci-dessous indiqué, montre la durée moyenne d'ensoleillement et l'énergie moyenne reçue en Algérie. [11]

**Tableau 1 :** Energie reçue et durée de l'ensoleillement suivant la région.

Régions	Région côtière	Hauts Plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée moyenne d'ensoleillement (heures/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (KWh/m <sup>2</sup> /an)	1700	1900	2650

Le gisement solaire dépasse les 5 milliards de GWh et se situe essentiellement sur le Sahara qui représente 86% du territoire éclairé pour une durée moyenne d'ensoleillement de 3500 h/an. Sur les Figure (1) et Figure (2) ont été représentées les irradiations globales journalières reçues sur un plan horizontal et normal successivement, aux mois de Juillet et de décembre. Il apparait clairement que les irradiations sont plus importantes en été plus qu'en hivers et plus en s'éloignent des régions côtières allant vers le Sahara, plus l'irradiation augmente.



**Fig. 1 :** Irradiation globale journalière reçue sur un plan horizontal au mois de Juillet et de décembre [11]

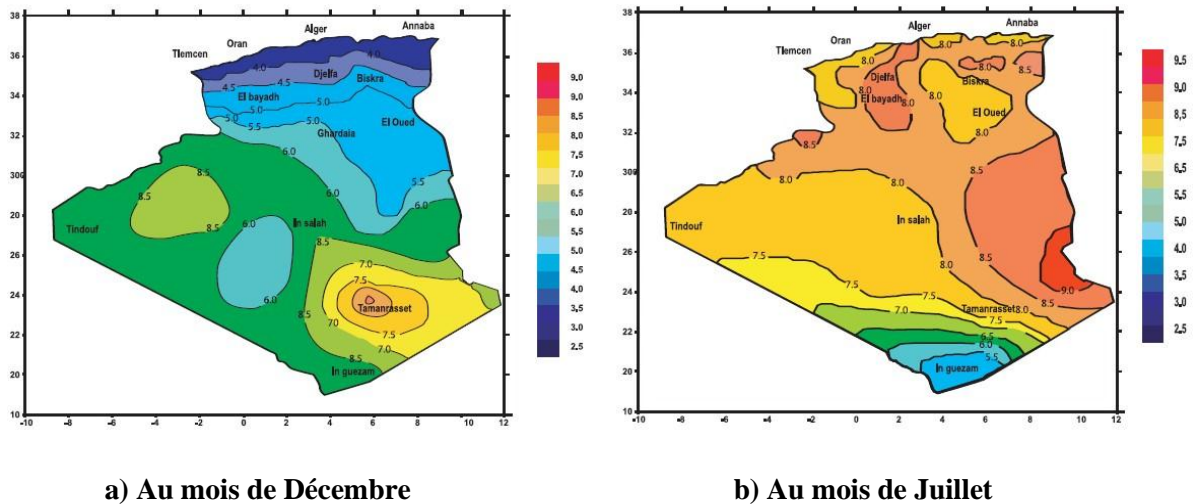


Fig. 2 : Irradiation globale journalière reçue sur plan normal au mois de Décembre et Juillet [11]

### I.3.2. Potentiel éolienne

L'Algérie a un régime de vent modéré (2 à 6 m/s). Ce potentiel énergétique lui convient parfaitement bien pour le pompage de l'eau, particulièrement sur les Hauts Plateaux.

La Figure (3) donne un aperçu général des vitesses moyennes du vent sur l'ensemble du territoire, où l'on peut confirmer que pour les Hauts Plateaux, il est possible d'exploiter les potentialités éoliennes dans le domaine agricole pour pallier aux difficultés du relief ou dans les zones d'accès difficile.

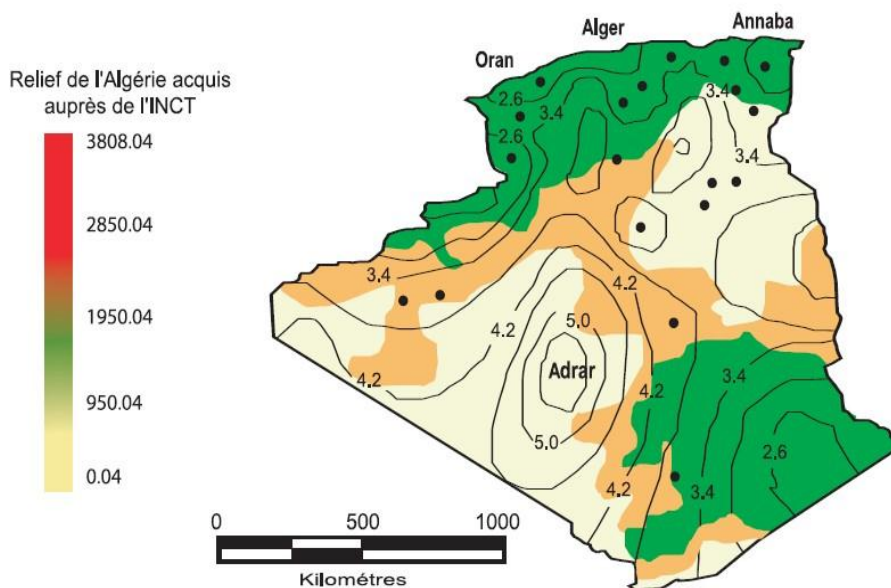


Fig. 3 : Tracé des vitesses moyennes du vent à 10 m du sol [11]

### **I.3.3. Potentiel hydroélectrique**

Les quantités globales de chutes de pluies tombant sur le territoire algérien sont importantes et estimées à 65 milliards de m<sup>3</sup>, mais finalement profitent peu au pays en raison du nombre réduit de jours de précipitation, des concentrations sur des espaces limités, de la forte évaporation et de l'évacuation rapide vers la mer.

Schématiquement, les ressources de surface décroissent du Nord au Sud. On évalue actuellement les ressources utiles et renouvelables de l'ordre de 25 milliards de m<sup>3</sup>, dont environ 2/3 pour les ressources en surface. 103 sites de barrages ont été recensés. Plus de 50 barrages sont actuellement en exploitation. [11]

### **I.3.4. Le Potentiel de la biomasse**

#### **I.3.4.1. Potentiel de forestier**

Le potentiel **forestier** actuel est évalué à environ 37 Millions de TEP (Tonnes Equivalent Pétrolier). Le potentiel récupérable est de l'ordre 3,7 Millions de TEP. Le taux de récupération actuel est de l'ordre de 10%.

#### **I.3.4.2. Potentiel énergétique des déchets urbains et agricoles**

5 millions de tonnes de déchets urbains et agricoles ne sont pas recyclés. Ce potentiel représente un gisement de l'ordre de 1.33 millions de TEP/an.

### **I.3.5. Potentiel géothermique**

Plus de deux cent (200) sources chaudes ont été inventoriées dans la partie Nord du Pays. Un tiers environ (33%) d'entre elles ont des températures supérieures à 45 °C. Il existe des sources à hautes températures pouvant atteindre 118 °C à Biskra.

Des études sur le gradient thermique ont permis d'identifier trois zones dont le gradient dépasse les 5 °C/100 m :

- Les zones de Relizane et Mascara.
- Les zones d'Aïn Boucif et Sidi Aïssa.
- Les zones de Guelma et Djebel El Onk.

## **I.4. l'Albien**

### **I.4.1. Présentation de l'Albien**

Il occupe l'intervalle stratigraphique compris entre le Trias et le sommet de l'Albien. Les niveaux aquifères sont contenus essentiellement dans le Barrémien et l'Albien qui sont constitués de dépôts continentaux gréseux et sablo-argileux du Crétacé inférieur. Dans la zone



d'étude, cet aquifère est captif. Les mesures de pressions statiques indiquent des valeurs comprises entre 15 et 18 bars (eau jaillissante). Son exploitation est très coûteuse en raison de sa profondeur qui dépasse 2000m et de la température qui dépasse 60°C.

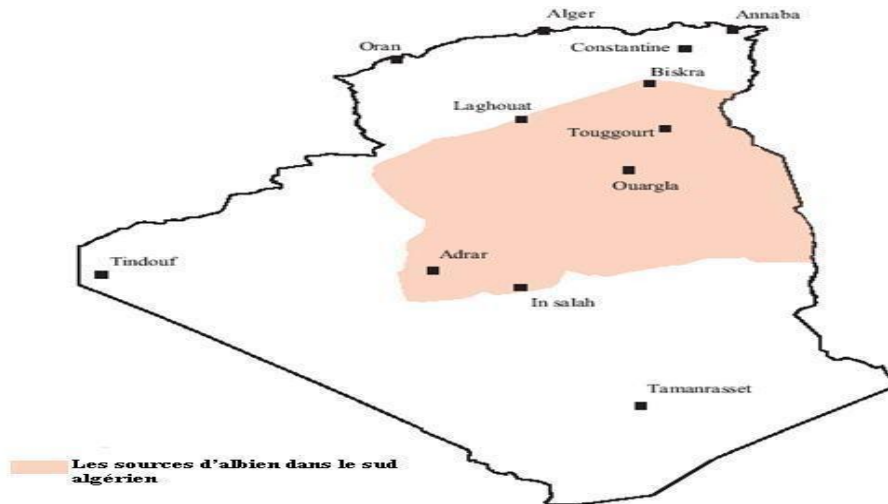


Fig. 4 : les sources d'Albien dans le Sud Algérien [11]

### I.5. Région d'Ouargla

La wilaya d'Ouargla se situe au Sud Est du pays, elle s'étend sur une superficie de 163.233 Km<sup>2</sup>. La population est estimée à 650.000 habitants, en 2015, répartie à travers 21 Communes. Elle est limitée au Nord par les wilayas de Djelfa et d'El Oued, au Sud par les wilayas d'Illizi et de Tamanrasset, à l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa et à l'Est par la Tunisie (Figure 5).

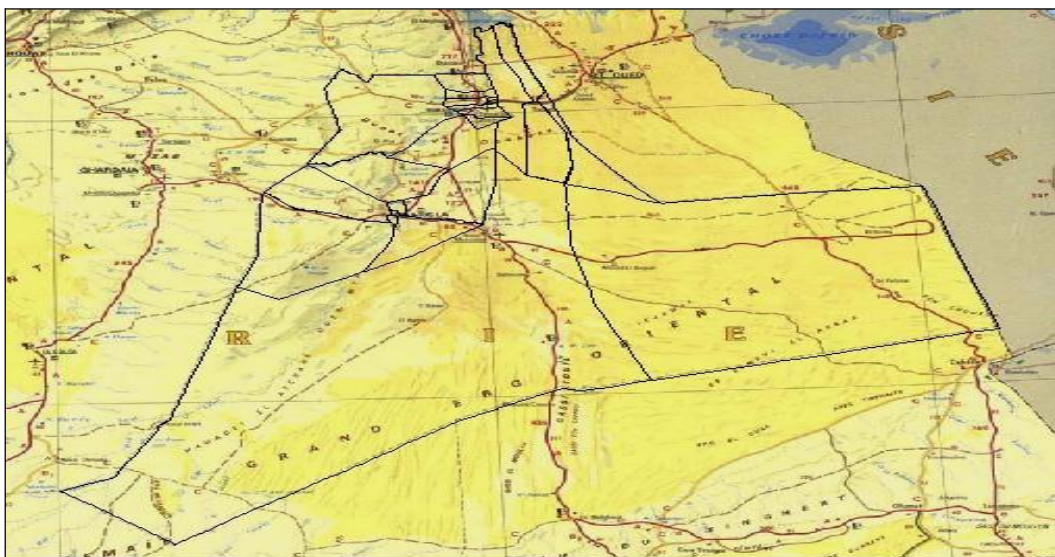


Fig. 5 : wilaya d'Ouargla [11]

Cette région regroupe la vallée de Ouargla et sa périphérie (Hassi Ben Abdellah, Ain El Beida ; Hassi Khefif et Haouhd Berkaoui). Elle est limitée au Nord par la ville d'El Hadjira, à l'Est par la ville de Hassi Messaoud, à l'Ouest par le versant Est de la dorsale de M'zab et au Sud par l'extension du grand Erg Oriental.

### I.5.1. Aspect climatique

La région d'étude se caractérise par un climat aride, très chaud en été avec une moyenne maximale de 42.8°C au mois de juillet et une température moyenne minimale de 4.4 °C au mois de janvier. La pluie moyenne annuelle est de l'ordre de 50 mm

### I.5.2. Les caractéristiques de l'Albien dans la région d'Ouargla :

La profondeur et le débit sont les caractéristiques les plus importants dans l'Albien et le Tableau (2) présente cette caractéristique dans quelques endroits dans la région d'Ouargla, et présente dans chaque endroit le nombre de nappes exploitées et non exploitées [11] :

**Tableau 2** : caractéristiques de l'albien dans la région d'Ouargla

L'endroit	Profondeur	Débit	Les nappes
<b>Hassi Messaoud</b>	entre 900 et 1500 m	19Hm <sup>3</sup> /an	44 nappes dont 99 % sont utilisées pour les besoins industriels.
<b>Gassi Touil</b>	entre 900 et 1600m	12 Hm <sup>3</sup> /an	13 nappes dont 7 sont exploitées
<b>El Borma</b>	entre 600 et 1700m	à 30 Hm <sup>3</sup> /an	24 nappes dont 21 sont utilisées pour les besoins industriels.
<b>Taibet</b>	1890 m	Le débit moyen fourni par forage est de l'ordre de 20 l/s	08 nappes exploitées dont 01 capte l'Albien
<b>Oued Righ Sud</b>	entre 1819 et 1850 m	25 Hm/an	06 nappes exploitées
<b>Vallée d'Ouargla</b>	entre 1300 et 1400 m	7 Hm <sup>3</sup> /an	02 nappes (Rouissat et Ain El Beida)

### I.5.2.1. La profondeur

C'est un facteur plus important dans l'Albien lie directement avec la température d'eau (chaque 33 mètres vers le bas, la température d'eau augmente 1°C), Figure (6) représente la variation de profondeur d'Albien dans quelques endroits par une Coupe Hydrogéologique Schématique :

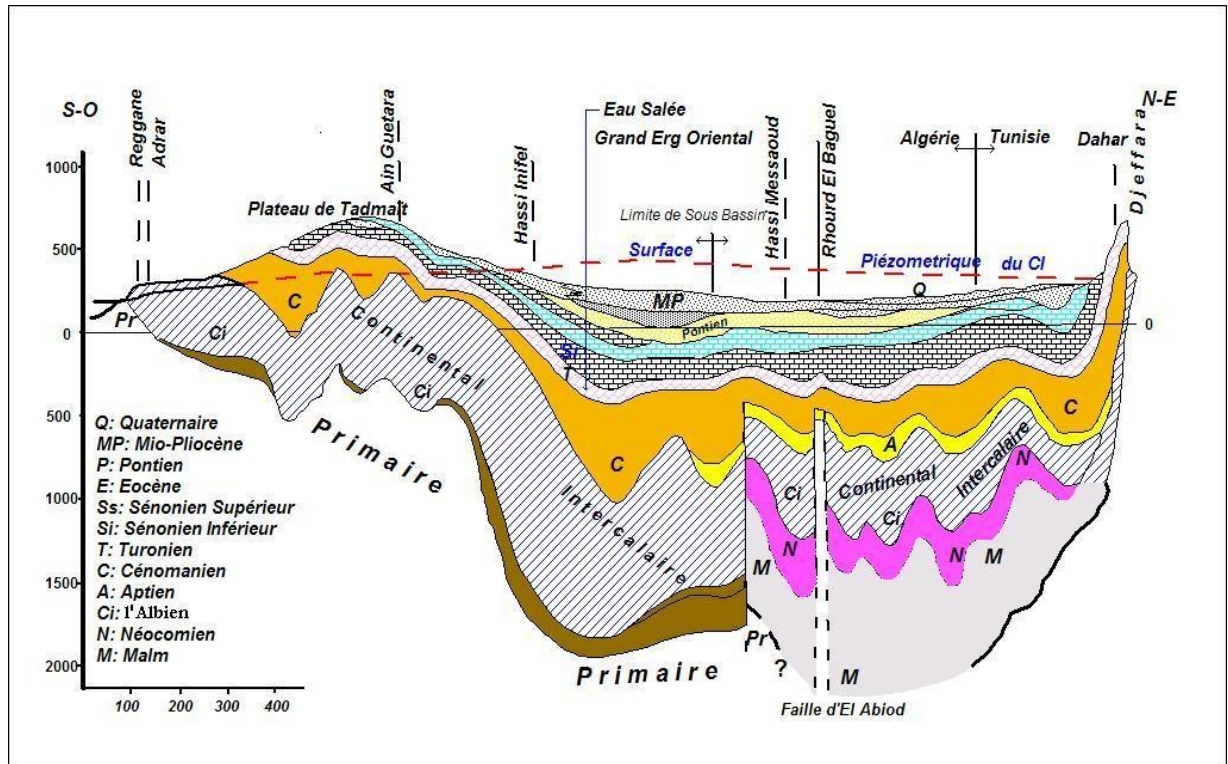


Fig. 6 : Coupe Hydrogéologique Schématique [11]

# **Chapitre II**

**La cheminée solaire**

## II.1. Introduction

Malgré l'existence importante de l'énergie solaire dans les régions chaudes, le vent est très faible. Donc l'exploitation de l'énergie éolienne dans ces régions est impossible. A la différence de ces régions, le vent dans les autres régions est toujours disponible, mais il reste instable, ce qui influe sur son exploitation. Les études modernes ont montré la possibilité d'engendrer un mouvement d'air sous forme de vent artificiel à partir de l'énergie solaire, cet écoulement de l'air est utilisé pour entraîner une des turbines éoliennes. Cette association de deux types d'exploitation de l'énergie solaire se fait par un dispositif appelé la cheminée solaire. La cheminée solaire est une génératrice de la puissance électrique à partir de l'énergie solaire, elle est constituée de trois composants principaux : 1) le collecteur solaire ou la serre, 2) la cheminée ou la tour, et (3) la turbine éolienne. Ces trois éléments essentiels ont été familiers depuis un temps immémorial.

L'ensemble des organes principaux (collecteur, turbine et cheminée) de la cheminée solaire est en amélioration continue, par des études sur leur performance, ce qui assurera toujours l'amélioration de l'efficacité électrique. [12]

Une cheminée solaire (système radial de chauffage solaire) est une centrale à énergie renouvelable construite de manière à ce que l'air d'une serre chauffé par le soleil soit canalisé dans une cheminée, afin d'actionner des turbines pour produire de l'électricité. Ce concept a été inventé en 1903 par le colonel espagnol **Isidoro Cabanyes** comme en atteste la publication *La energía eléctrica* [13], puis décrit en 1931 par **Hanns Günther** [14] et enfin développé et concrétisé par l'ingénieur allemand **Jörg Schlaich** [15] dans les années 80.

## II.2. Principe de fonctionnement de la cheminée solaire

L'air est chauffé par le rayonnement solaire sous l'effet de serre dans le collecteur qui est ouvert à la périphérie pour introduire l'air frais, et puisque l'air le plus chaud est plus léger que l'air froid, il s'élève en haut d'une cheminée localisée au centre du collecteur.

Une turbine éolienne à la base de la cheminée est mise dans la trajectoire de l'écoulement de l'air pour convertir l'énergie cinétique de l'air écoulant en énergie mécanique et le générateur entraîné par la turbine convertit l'énergie mécanique en énergie électrique.

Une cheminée solaire avec un terrain large pour le collecteur et une cheminée plus haute peut produire de 100 à 200 MW pendant la journée [16].

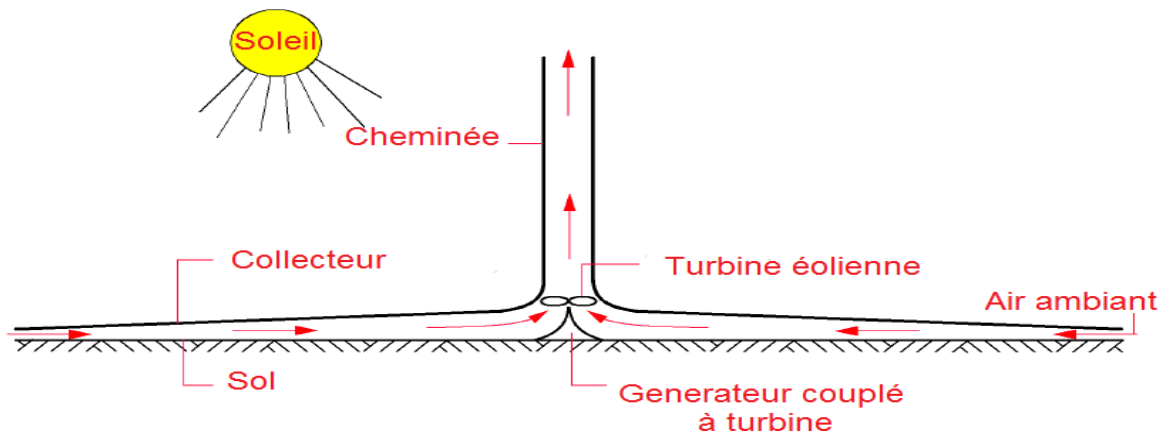


Fig. 7: Schéma présentatif de la cheminée solaire

### II.3. Principaux éléments de la cheminée solaire

#### II.3.1. Collecteur

Un toit en vitre ou en film plastique et la terre naturelle en dessous forment un collecteur d'air. Le collecteur est ouvert à la périphérie pour permettre l'introduction de l'air frais. Le toit du collecteur (qui est supporté quelques mètres au-dessus de la terre) a pour but de rassembler les rayons solaires pour réchauffer la masse d'air à l'intérieur du collecteur [17].

#### II.3.2. Cheminée (la tour)

La cheminée elle-même est le moteur réel de l'équipement. Il s'agit d'un tube à faible frottement pour créer un écoulement d'air sous forme de vent, Il faut que la hauteur de la cheminée soit plus élevée, pour atteindre un niveau de basse pression par rapport au niveau de la base.

#### II.3.3. Turbines éoliennes

Elles servent à convertir le courant d'air ascendant en énergie mécanique, puis électrique.

### II.4. Les systèmes du stockage d'énergie et d'échange de chaleur

#### II.4.1 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.[18]

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

#### **II.4.1.1. Par chauffage du sable**

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.

#### **II.4.1.2. Par chauffage d'eau**

Le stockage de l'énergie thermique est assuré par des tubes noirs remplis d'eau, et mis côte à côte sur le sol. Ils sont remplis d'eau une seule fois et restent par la suite fermés, afin qu'aucune évaporation ne puisse avoir lieu. Le transfert de chaleur entre les tubes noirs et l'eau est beaucoup plus grand que celui entre la surface et les couches profondes du sol, et puisque la capacité calorifique de l'eau (4.2 kJ/kg) est beaucoup plus grande que celle du sol (0.75- 0.85 kJ/kg), l'eau à l'intérieur des tubes stocke une grande partie de la chaleur solaire et la libère pendant la nuit, quand l'air dans le collecteur se refroidit. [19]

#### **II.4.2. Système d'échange de chaleur**

Le but du travail présenté dans cette partie est de proposer un système d'échange de chaleur à partir d'une source géothermique afin d'améliorer le niveau d'énergie récupéré par la turbine dans les horaires où il y'a manqué de radiations solaires.

##### **II.4.2.1.Principe du système d'échange de chaleur**

Le principe du modèle d'échange de chaleur consiste à introduire l'énergie géothermale (l'eau de puits géothermique), qui va circuler dans des tuyauteries à une température assez élevée, généralement comprise entre 60 °C et 70 °C. L'air rentre par la périphérie en contact avec les tubes remplis d'eau chaude provoque un transfert de chaleur convectif. Cette chaleur provient d'un transfert de nature conductrice entre l'eau et les parois des tubes :

- Convection interne : entre l'eau chaude et la paroi interne du tuyau.
- Conduction : entre la paroi interne et externe.
- Convection externe : entre la paroi externe et l'air.

#### **II.5.Etude de la performance de la cheminée solaire**

L'étude de la performance de la cheminée a montré que les conditions climatiques (température et éclairement) et les dimensions de la cheminée (hauteur de la cheminée, diamètre du collecteur, hauteur du collecteur et le diamètre de la cheminée) ont un rôle très important dans la production de l'énergie électrique. [20]



### II.5.1.L'effet de la température ambiante et de l'éclairement solaire

La productivité de l'énergie électrique augmente avec l'augmentation de l'éclairement solaire et de la température ambiante, mais l'effet de l'éclairement solaire à plus d'importance comparant à la température (voir Figure 8).

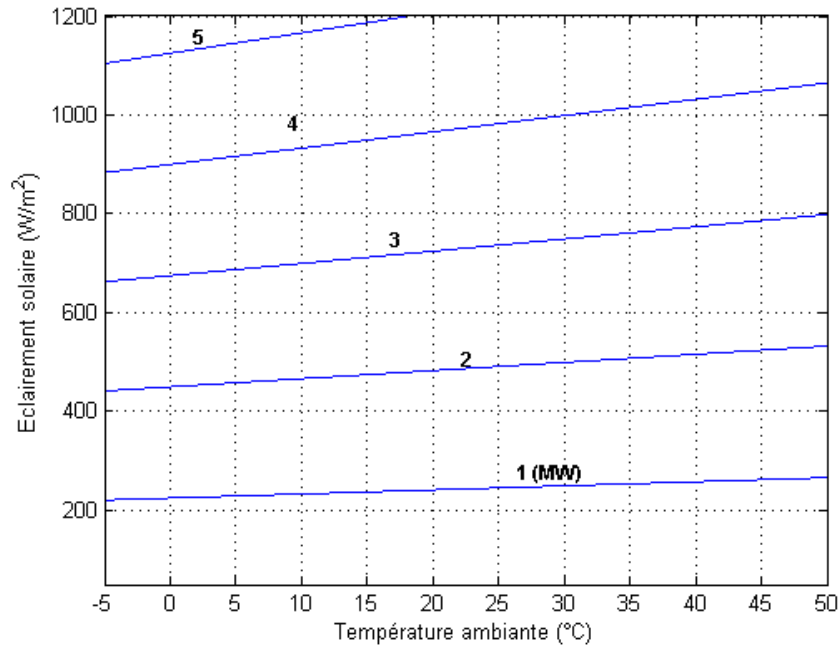
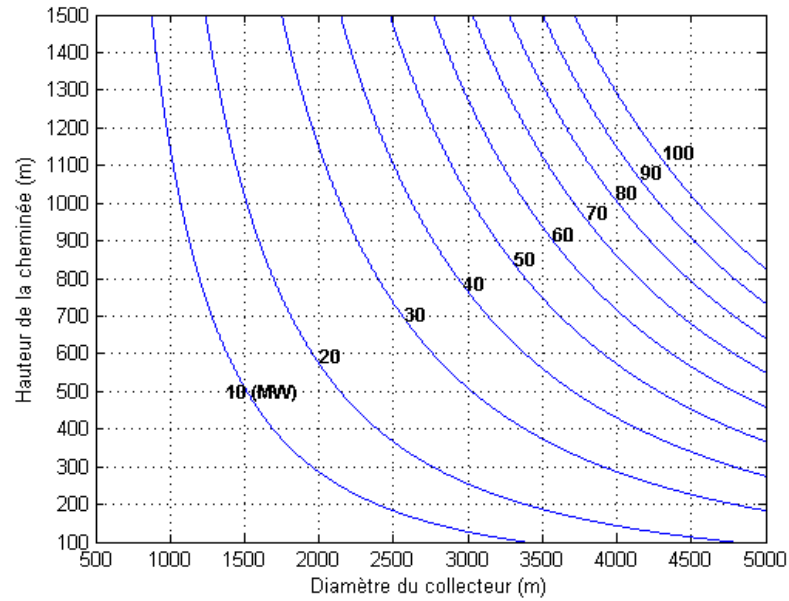


Fig. 8 : Effet de la température ambiante et l'éclairement sur la production d'énergie [20]

### II.5.2.L'effet du diamètre du collecteur et de la hauteur de la cheminée

La hauteur de la cheminée et le diamètre du collecteur ont un effet important sur la production de l'énergie électrique, la figure (9) illustre la production de l'énergie électrique en fonction de la hauteur de la cheminée et le diamètre du collecteur pour un éclairement de 600W/m<sup>2</sup>. L'augmentation de la production de l'énergie électrique est directement proportionnelle avec l'augmentation du diamètre du collecteur et de la hauteur de la cheminée, cette augmentation est rapide pour des petites dimensions et lente pour des grandes dimensions.

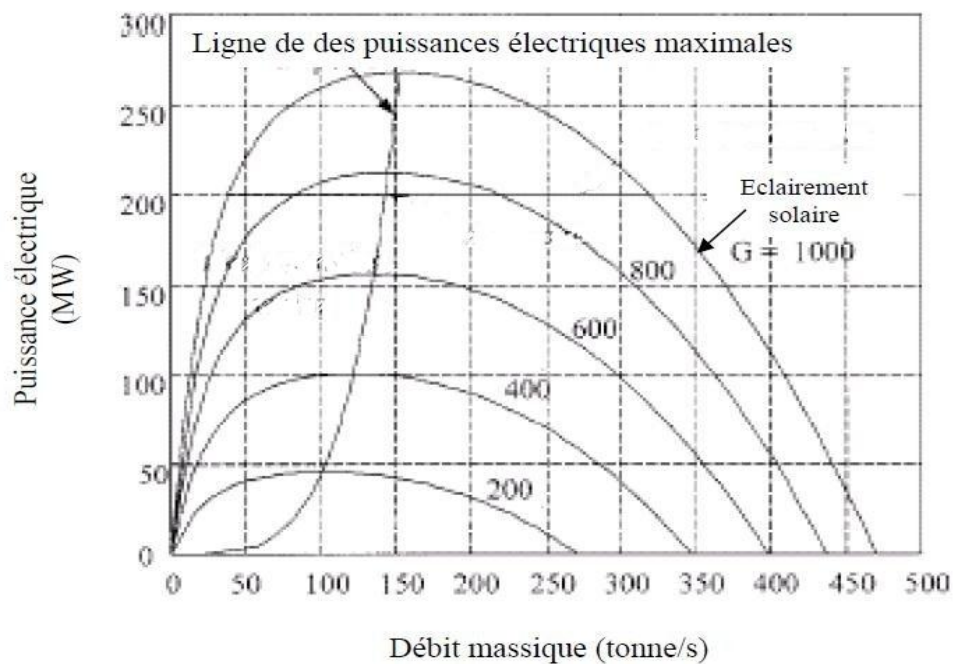




**Fig. 9:** Effet de la hauteur de la cheminée et du diamètre du collecteur sur la production d'électricité pour un éclairement de 600 W/m<sup>2</sup> [20]

### II.5.3.L'effet du débit massique

La hauteur et le diamètre de la cheminée ont aussi un effet important sur la production de l'énergie électrique, ces deux paramètres ont le rôle de déterminer le débit massique entrant dans la cheminée solaire. Le diagramme (10) illustre la variation de la puissance électrique en fonction du débit massique pour quelques valeurs d'éclairement solaire.



**Fig. 10 :** Variation de la puissance électrique en fonction de débit [20]

### II.5.4. L'effet de vitrage

Il est avantageux d'augmenter la capacité du toit de collecteur, en fournissant un double vitrage. L'énergie produite par la cheminée solaire est proportionnelle aux nombres du vitrage du toit comme le montre la figure (11), on voit clairement que le toit de double vitrage permet d'augmenter la quantité de l'électricité produite d'une manière importante. Toujours au meilleur coût: si le verre n'est pas cher et le béton cher alors le collecteur sera grand avec une forte proportion de double vitrage et une cheminée relativement faible, et si le verre est coûteux, il y'aura un grand collecteur et un simple vitrage ou peut être un film de plastique avec une grande tour. [20]

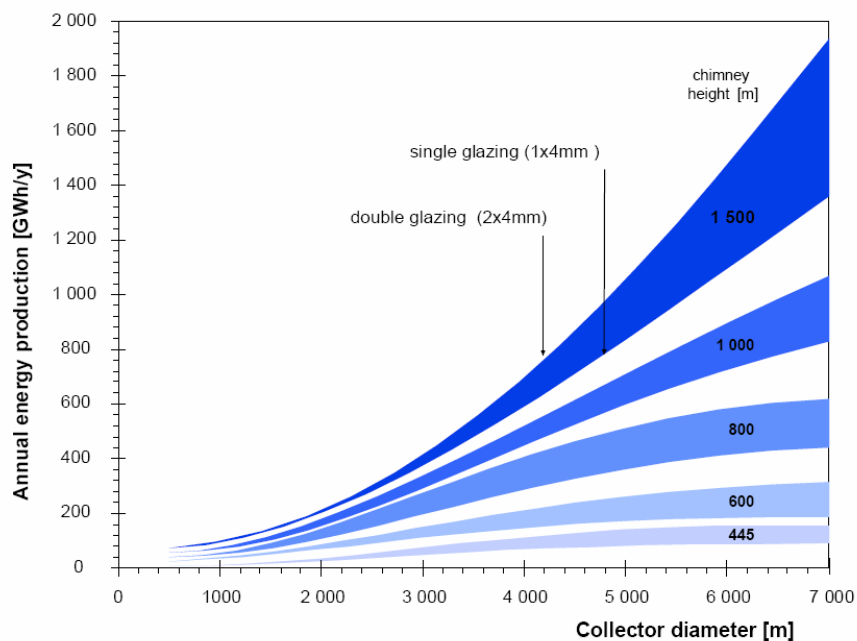


Fig. 11: Production annuelle d'énergie de l'électricité par la cheminée solaire [20]

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

### ✓ *Avantages :*

La tour solaire possède de multiples avantages pour la production d'énergie future:

- L'installation est créée pour des zones désertiques donc dépourvues d'intérêts (pas de possibilité d'aménagement) mais riches en soleil.
- Après la construction de la tour, aucun carburant n'est nécessaire à son fonctionnement, donc indépendance énergétique.
- La production d'énergie électrique perdure jour et nuit (des cylindres remplis d'eau et de couleur opaque captent la chaleur le jour et la libèrent la nuit).
- La maintenance nécessaire est peu importante et la structure n'a aucun impact écologique.
- Les 3 matériaux nécessaires à la construction d'une tour solaire sont le béton, le verre et l'acier, disponibles en grande quantité partout dans le monde.
- L'énergie produite est peu chère.
- Des plantations peuvent être créées sous le collecteur.
- Plus de sécurité par rapport au nucléaire surtout à l'heure actuelle.

### ✓ *Inconvénients :*

La tour solaire possède quelques désavantages :

- Investissement de départ ;
- Impact visuel négatif (certains y voient une dégradation du paysage)
- Elle ne peut pas concurrencer le nucléaire en termes de puissance. (7 fois moins puissante qu'un réacteur nucléaire, pour les plus grandes tours, soit 200MW contre 1500MW)
- Lors de la construction, cette structure massive nécessite beaucoup d'expertise en ingénierie.

## II.7. Etudes expérimentales

Il existe plusieurs prototypes expérimentaux de la cheminée solaire dans le monde, il y'a quelques exemples dans le tableau suivant avec leurs dimensions.

**Tableau 3 :** Liste des prototypes d'analyse expérimentale

Les références	Année construite	Emplacement Construit	Dimensions de la cheminée	Dimensions de collecteur	Vitesse de l'air dans la cheminée
Zhou et al [21-22]	2006	Wuhan, Chine	H : 8 m D : 0.3 m	D : 10 m	2.81 m/s
Kasaeian et al [23]	2010	Zanjān, Iran	H : 12 m D : 0.3 m	D : 10 m	2.9 m/s
Abdulcelil Bugutekin et al [24]	2010	Adryaman, Turquie	H : 17 m et D : 0.8m	D : 27 m	5 m/s
Mohamed O et Hamdan [25]	2011	Abu Dhabi, UEA	H : 7.5 m D : 0.24 m	S : 10*10	3.4 m/s
C.Kethogetswe et al [26]	2013	Gaborone, Botswana	H : 20 m D : 1 m	S : 15*15	7.4 m/s

## II.8. Projets de Centrales à Cheminée Solaire

### II.8.1. Prototype de Manzanares

Basé sur des informations détaillées, la recherche préliminaire théorique et un large éventail d'expériences en soufflerie, **Schlaich Bergermann** a conçu, construit et exploité une usine expérimentale avec une puissance maximale de 50 kW sur un site mis à disposition par la compagnie d'électricité espagnole *Union Fenosa Electrica* à Manzanares (environ 150km au Sud De Madrid) en 1982 (Fig.12), avec des fonds fournis par le ministère allemand de la Recherche et de la Technologie (BMFT). [15]

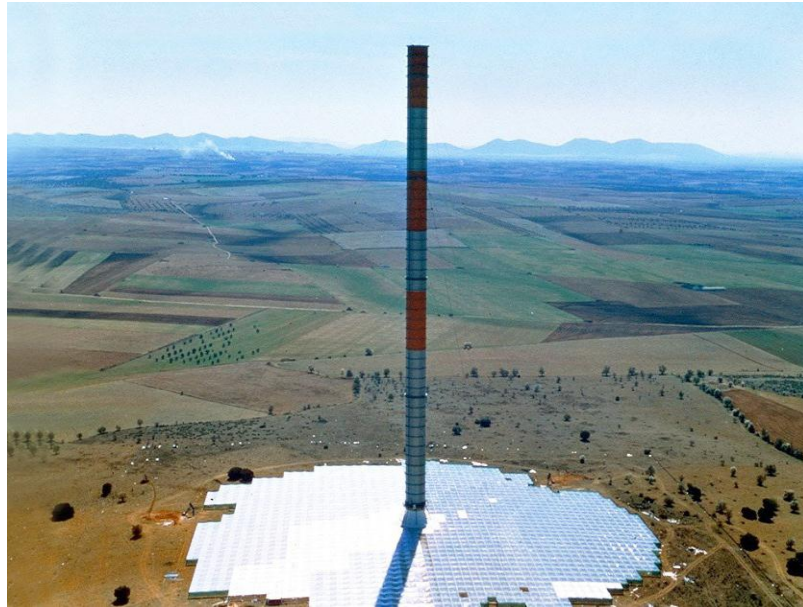


Fig. 12 : Prototype de Manzanares en Espagne

L'objectif de ce projet de recherche était de vérifier, par des mesures sur le terrain, le rendement prévu des calculs basés sur la théorie, et d'examiner l'influence des différents composants sur le rendement et l'efficacité de l'usine en vertu d'ingénierie réaliste et des conditions météorologiques. Les dimensions principales et les données techniques de ce prototype sont données :

✓ *Spécifications du projet*

- Une cheminée de 195 m de haut en matériaux composites
- Un collecteur de 250m de diamètre, soit 6000 m<sup>2</sup> de verre et 40000 m<sup>2</sup> de plastique.
- Température de l'air chauffé dans la cheminée : 20 °C.
- 4 turbines.
- Puissance produite : 50 kW

## II.8.2. Le projet Australien

La tour de **Buronga** se trouve en Australie, à 630km au Sud-Ouest de *Sydney*, dans une zone aride et désertique située à la frontière des états de *Nouvelle Galle du Sud* et de *Victoria*. Il s'agit d'une tour en béton de près de 1 km de hauteur et visible à près de 80 km à la ronde. Elle sera entourée de panneaux solaires couvrant une superficie de 5 km<sup>2</sup>. La centrale fournirait 200 mégawatts de puissance électrique.

✓ *Spécifications du projet*

- Une cheminée de 990 m de haut en matériaux composites
- 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.

### II.8.3. Le projet Espagnol

Un autre projet de tour solaire est développé en Espagne dans la localité de *Fuente el Fresno*, un village de la Province de *Ciudad Real*. Les travaux devraient être menés en collaboration avec les entreprises Espagnoles *Campo3* et *Imasa*, et la compagnie Allemande *Schlaich Bergermann*. Cette tour de 750 mètres de hauteur serait dès lors la plus haute en Europe.

✓ *Spécifications du projet*

- Une cheminée de 750 m de haut.
- Un collecteur de 3km de diamètre, couvrant 350 hectares, dont 250 hectares pourraient être utilisés pour la culture de légumes sous serre (tomates).
- Vitesse de l'air dans la cheminée : 43km/h.
- Puissance de l'installation : 40 mégawatts, soit la demande en électricité d'environ 120.000 personnes.
- Coût du projet : 240 millions d'euros, que les partenaires espéraient réunir en 2007.

### II.8.4. Le projet Namibien

Une société Sud-Africaine de propriété intellectuelle *Hahn & Hahn* a annoncé qu'elle prévoyait la construction à un coût de 150 millions de dollars US une tour solaire de 400 mégawatts en Namibie, dans le cadre des efforts pour combler le déficit de l'approvisionnement en électricité dans ce pays. Cette tour solaire, baptisée *Green Tower*, aura une hauteur de 1,5km et un diamètre de 280 mètres et va fonctionner en générant un courant d'air ascendant aux turbines d'entraînement, produisant ainsi 400 MW d'électricité. La superficie de la serre sera de 38,5 km<sup>2</sup> (7 km de diamètre). Le directeur général de *Hahn & Hahn*, a annoncé que le projet avait été approuvé par le gouvernement Namibien, en ajoutant que la société nationale de distribution de l'électricité financera en partie une étude de faisabilité.



Fig. 13 : Projet Namibien

### II.8.5. Le projet Chinois

Une Cheminée Solaire de 27.5 MW sera construite en Chine (à Jin shawan, Wuhai, Mongolie). Financé par une entreprise locale en Mongolie intérieure avec 1,38 milliards de yuans (160 millions d'euros). La capacité totale planifiée jusqu'en Décembre 2013 par ce projet est de 27,5 MW, représentant un total de 2.780.000 m<sup>2</sup> de désert occupé par des serres servant de collecteur et un investissement total de 1,38 milliards de yuans. [27]

Les travaux seront effectués en trois phases :

- **la première phase** du projet a déjà été achevée entre Mai 2009 et Décembre 2010 et a permis l'édification d'un prototype de cheminée solaire de 200 kW de démonstration qui occupe 40 000 m<sup>2</sup> de surface de désert, tour ou cheminée de 53 m de haut et de 18 m de diamètre, représentant une dépense de 1 million de Yuans.
- **la deuxième phase** du projet débutée en Février 2011 et a duré jusqu'en Décembre 2011, afin de réaliser la construction d'une usine électrique à base de cheminée solaire de 2,2 MW. Ce système de démonstration occupe 220.000 m<sup>2</sup> de désert et l'investissement qui était prévu est de 110 millions de Yuans.
- **la troisième phase** du projet est effectuée entre Janvier 2012 et Décembre 2013, pour permettre la construction d'une centrale à cheminée solaire de 25,1 MW, avec une serre collecteur occupant une région désertique de 2.510.000 m<sup>2</sup>, l'investissement prévu est de 1 260 000 000 yuans (1,2 milliards de Yuans Chinois).

# **Chapitre III**

**Conception et méthode de mesure**



### III.1. Introduction

Pour fonctionner au mieux, une cheminée solaire doit être construite dans une région très ensoleillée et disposant de nombreux espaces inhabités, ces dernières conditions sont disponibles dans le Sud Algérien.

Notre étude a pour but d'améliorer et d'optimiser les performances de cheminée solaire. Ce travail a été effectué au laboratoire de génie des procédés de la faculté des sciences appliquées à l'Université Ouargla.

### III.2. Prototype de cheminée solaire Ouargla 1

L'objectif de ce prototype est l'étude de l'effet des paramètres climatique (température ambiante, vitesse de vent, la radiation solaire...etc.) sur la performance de la cheminée solaire



**Fig. 14:** Image de prototype de cheminée solaire Ouargla 1

### III.2.1. Structure et composant

#### III.2.1.1. La Cheminée

Longueur de 6 m et 16 cm de diamètre fabriquée en PVC et revêtue par la laine de verre pour éviter la perte de chaleur. Le tube (Cheminée) est fixé sur un support fabriqué en acier qui est à son tour fixé sur une planche en bois et élevée à la base de collecteur de 0.40m comme le montre la (figure 15) ci-dessous :

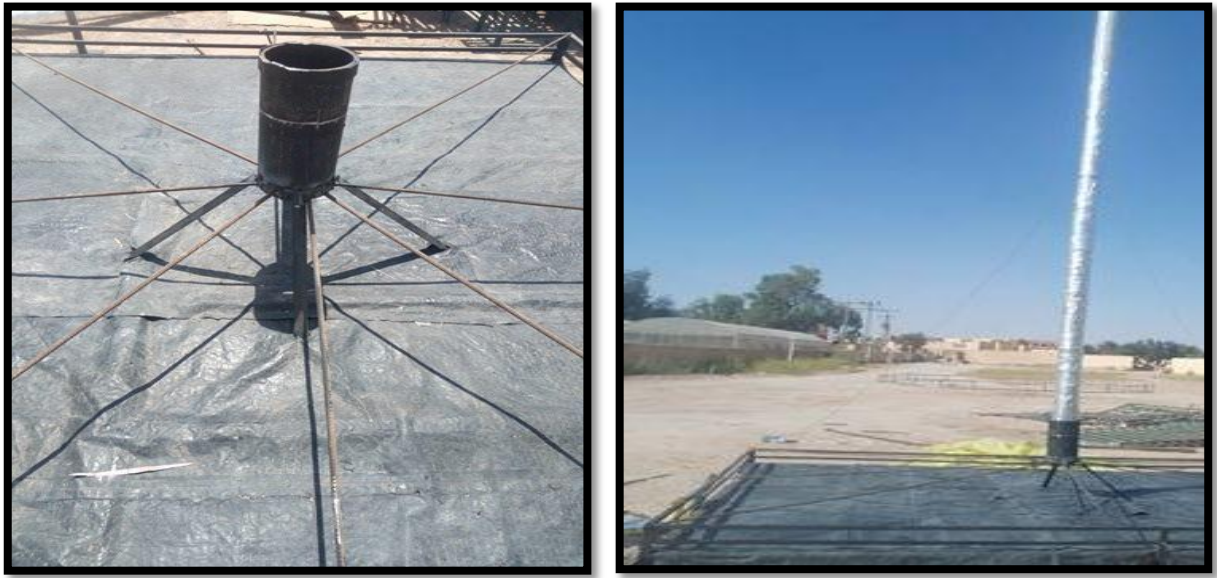


Fig. 15: Support de Cheminée

#### III.2.1.2. Le collecteur

Il est d'une longueur de 5 sur 5 m avec une couverture en plastique transparent (PVC) tandis qu'à la deuxième expérience, il est couvert avec le verre. Le plancher est en bois de 15 cm d'épaisseur et recouvert d'une plastique noire matte pour favoriser l'absorption des rayons solaires.



Fig. 16: couvert de plastique transparent PVC et du verre

### III.3. Prototype de cheminée solaire Ouargla 2

Le but de cette étude est d'assurer le fonctionnement de la cheminée solaire dans la nuit à partir d'une optimisation de la base de collecteur et une combinaison (couplage) avec une source géothermique pour avoir une technique de Stockage efficace.



Fig. 17 : Image de prototype de cheminée solaire Ouargla 2

#### III.3.1. Structure et composant

##### III.3.1.1. La cheminée

Longueur de 8 m avec 20 cm de diamètre fabriquée en PVC et isolée par la laine de verre. Le tube (Cheminée) est fixé sur un support fabriqué en acier qui est à son tour fixé sur la terre et élevée à la base de collecteur de 0.80m.



Fig. 18 : Support de Cheminée



### III.3.1.2. Le collecteur

Il existe plusieurs paramètres (diamètre du collecteur, hauteur et diamètre de la cheminée, rayonnement solaire, température ambiante et matériaux utilisés dans le système) qui affectent l'efficacité de système de cheminée solaire. La performance de la cheminée solaire est mieux dans le matin mais avec le coucher du soleil le rayonnement solaire et de la température ambiante ils sont diminués, c'est ce qui cause la réduction et la chute de la température et de l'air chaud sous le collecteur rapidement à la nuit, la performance diminue rapidement.

Pour cela on créer une base qui peut absorber le rayonnement solaire pendant la journée et au même temps conserver la chaleur pour ne pas perdre cette chaleur dans la terre, on fait un terrain spécial est préparé par un system d'absorbation et d'isolation

#### III.3.1.2.1. Description du terrain

D'un diamètre de 12 m et avec un système d'isolation de la terre de collecteur de diamètre 0.3 m de profondeur contenant 7 couches : Le gravier 0.05m, le sable 0.05m, le plastique, la laine de verre, Aluminium 0.025m, 0.1m de gravier, 0.1m de sable et enfin du plastique noir.



**Fig. 19:** couche de gravier 0.05 m



**Fig.20:** couche de sable 0.05 m



**Fig. 21:** couche plastique



**Fig. 22:** laine de verre 0.025 m



**Fig. 23:** couche gravier 0.1 m



**Fig. 24:** couche de sable 0.1m



**Fig. 25:** couche de plastique noir



### III.4. Système d'échange de chaleur

Dans cette étape on a utilisé un chauffage électrique pour chauffer l'eau et qui va remplacer la source géothermique ALBIEN. L'eau chaude circule dans un tube de cuivre en serpentin de 200m de longueur avec un écartement de 10 cm entre deux tubes. Le diamètre du serpentin est de 6m à partir du center de collecteur. L'eau chaude débute sa circulation du centre vers l'extérieur du collecteur avec une surface d'échange égale à la moitié de la surface du collecteur et cela dans le but d'augmenter la quantité de chaleur échangée entre l'eau chaude et l'air frais.



Fig. 26: Système chauffage électrique



Fig. 27: Tube de cuivre en serpentin

### III.5. Paramètre étudiées

A travers cette étude expérimentale, qui a pour but de rechercher une grande vitesse d'écoulement possible du flux (air) à l'entrée de la cheminée afin d'alimenter éventuellement une turbine qui peut être ajouté à notre prototype dans une autre étude complémentaire.

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

- Première variante : collecteur ouvert à quatre cotés 1 cm.
- Deuxième variante : collecteur ouvert à quatre cotés 5 cm
- Troisième variante : collecteur ouvert à quatre cotés 10 cm
- Quatrième variante : collecteur ouvert à quatre cotés 20 cm

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

- Tamb : Température ambiante (°C)
- Tecl : Température à l'entrée du collecteur (°C)
- Tccl : Température au centre du collecteur (°C)
- Tech : Température à l'entrée de la cheminée (°C)
- Rs : Rayonnement du soleil (W/m<sup>2</sup>)
- Vech : Vitesse de l'écoulement à l'intérieur de la cheminée (m/s)
- Vent : vitesse de vent (m/s)

### III.6. Instruments de mesure utilisés dans l'expérience

#### III.6.1. Mesure du rayonnement solaire global

C'est un appareil pour qui mesure le rayonnement solaire et la température ambiante et qui donne des valeurs instantanées pour une intensité lumineuse comprise entre 0 et 1 250W / m<sup>2</sup> et une Température de - 40 à + 85°C.



Fig. 28: Mac solar

### III.6.2. Mesure de la vitesse de l'air

La vitesse de l'air à l'intérieur de la cheminée doit être mesurée ; il est nécessaire d'avoir un instrument de mesure ayant la meilleure précision possible, le choix se porta alors sur un anémomètre à fil chaud et anémomètre à hélice.

#### III.6.2.1. L'anémomètre à hélice testo 416 :

Le testo 416 est un anémomètre compact avec sonde à hélice télescopique (long. max. 890 mm, diamètre 16 mm). Le débit dont le calcul est très précis (0,6 → 40 m/s (0 → +60 °C)), est indiqué directement à l'affichage.



Fig. 29: anémomètre à hélice testo 416

#### III.6.2.1. Appareil chauvin-arnoux C.A 1051 :

• Le C.A 1051 offre toutes les mesures nécessaires pour effectuer le bilan complet des installations de climatisation, de chauffage et de ventilation. Ergonomique et précis, il est tenu dans la main et présente un accès aisé aux différentes fonctions. A la fois thermo-anémomètre à fil chaud ou à hélice, le C.A 1051 mesure aussi les températures.

##### ✓ Caractéristiques techniques :

- Thermo-anémomètre à fil chaud : Vitesse du fil chaud : 0 à 3 m/s et 3,1 à 30 m/s
- Thermo-anémomètre à hélice : Vitesse de l'hélice Ø100 mm : 0,20 à 3 m/s et 3,1 à 35 m/s
- Température 2 entrées Thermocouple K : -200 à +40°C / -39 à +999°C / +1000 à +1300°C





Fig. 30:Appareil chauvin-arnoux C.A 1051

### III.6.3. Mesure de la température

La mesure des températures s'effectue à l'aide des thermocouples de type K étaient les températures à différents endroits de la cheminée solaire. Pour obtenir ces données, nous avons utilisé plusieurs thermocouples, les trois capteurs furent positionnés à des endroits déterminants de la cheminée solaire.

- Thermocouple 1 : Température (°C) à l'entrée du collecteur.
- Thermocouple 2 : Température (°C) au centre du collecteur
- Thermocouple 3 : Température (°C) à l'entrée de la cheminée.

# **Chapitre IV**

**Résultats & Discussions**

### IV.1.Introduction

Dans ce chapitre, nous allons exposer les résultats expérimentaux obtenus pendant les expériences effectuées dans chaque série expérimentale.

Nous citons les Symboles suivante qu'on va utiliser dans ce chapitre

- **Tecl** : Température à l'entrée du collecteur [°C]
- **Tccl** : Température au centre du collecteur [°C]
- **Tech** : Température à l'entrée de cheminée [°C]
- $\Delta T_{\text{eau}}$  : différence de température de l'eau entrant et sortant dans la cheminée solaire [°C]
- **Tamb** : Température ambiante [°C]
- **Rs** : Intensité du rayonnement solaire [W/m<sup>2</sup>].
- **Vent** : Vitesse du vent [m/s]
- **Vech** : Vitesse de l'air dans l'entrée de la cheminée [m/s]
- **Vech (géo)** : Vitesse d'air à l'entrée de cheminée au matin avec l'énergie géothermique [m/s]

### IV.2. Premier prototype

#### IV.2.1 Graphes

La série des graphes concernant le premier prototype, regroupe la variation des paramètres climatiques ainsi que l'effet de l'ouverture de périphérique du collecteur sur la température de centre du collecteur, sur la différence de la température entre l'ambiante et centre collecteur et sur la vitesse d'air dans la tour en fonction du temps local.

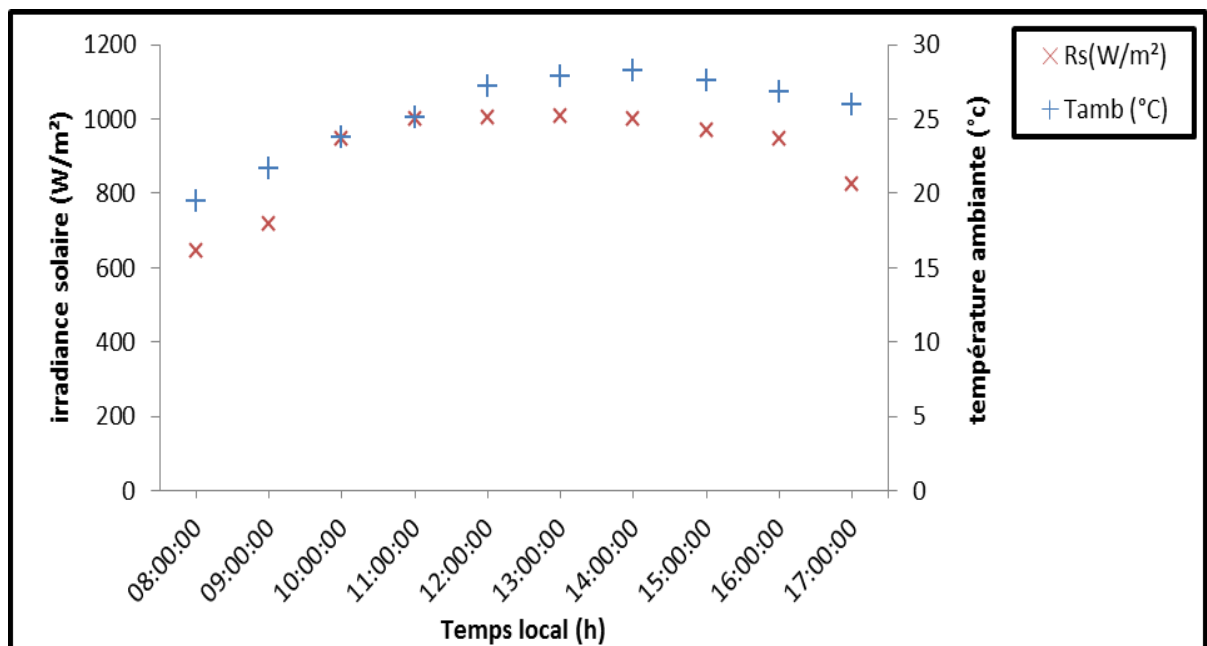


Fig. 31: l'irradiation solaire et la température ambiante en fonction du temps local (05/03/2017)

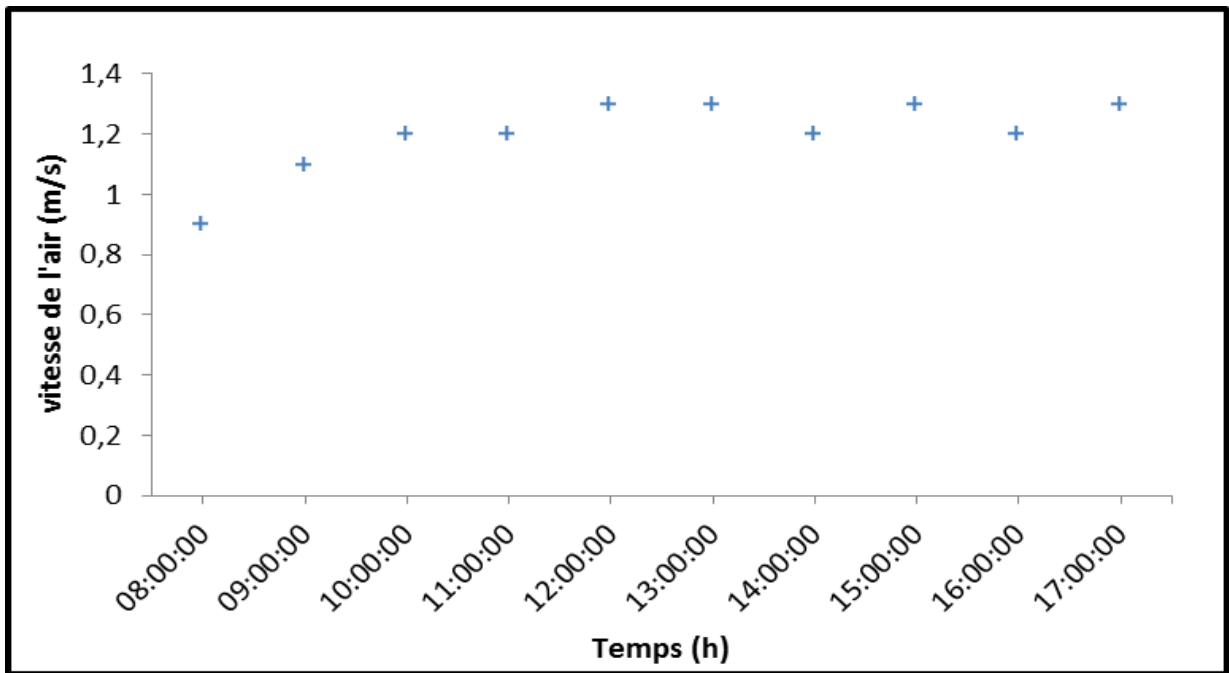


Fig. 32: la vitesse du vent en fonction du temps local (05/03/2017)

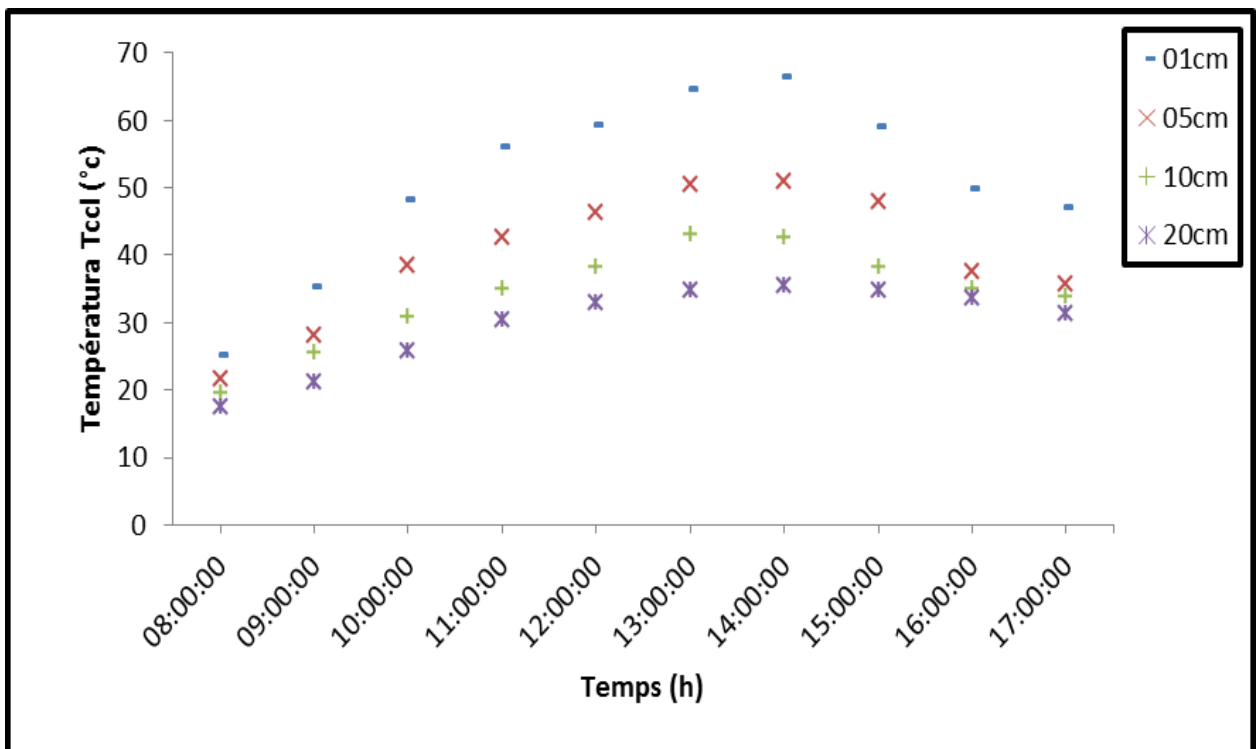


Fig. 33 :!Effet de l'ouverture de la périphérie du collecteur sur la température du centre de collecteur en fonction du temps local

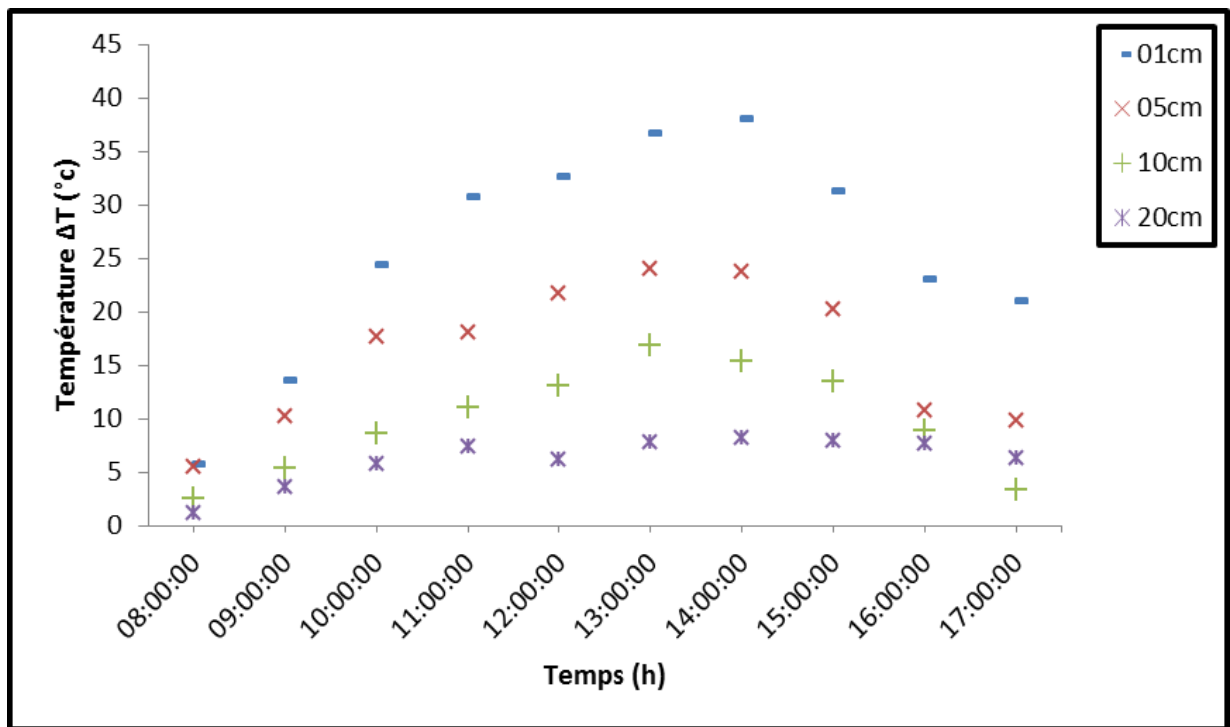


Fig. 34 : l'Effet de l'ouverture sur la différence entre la température de centre du collecteur et la température ambiante en fonction de temps local

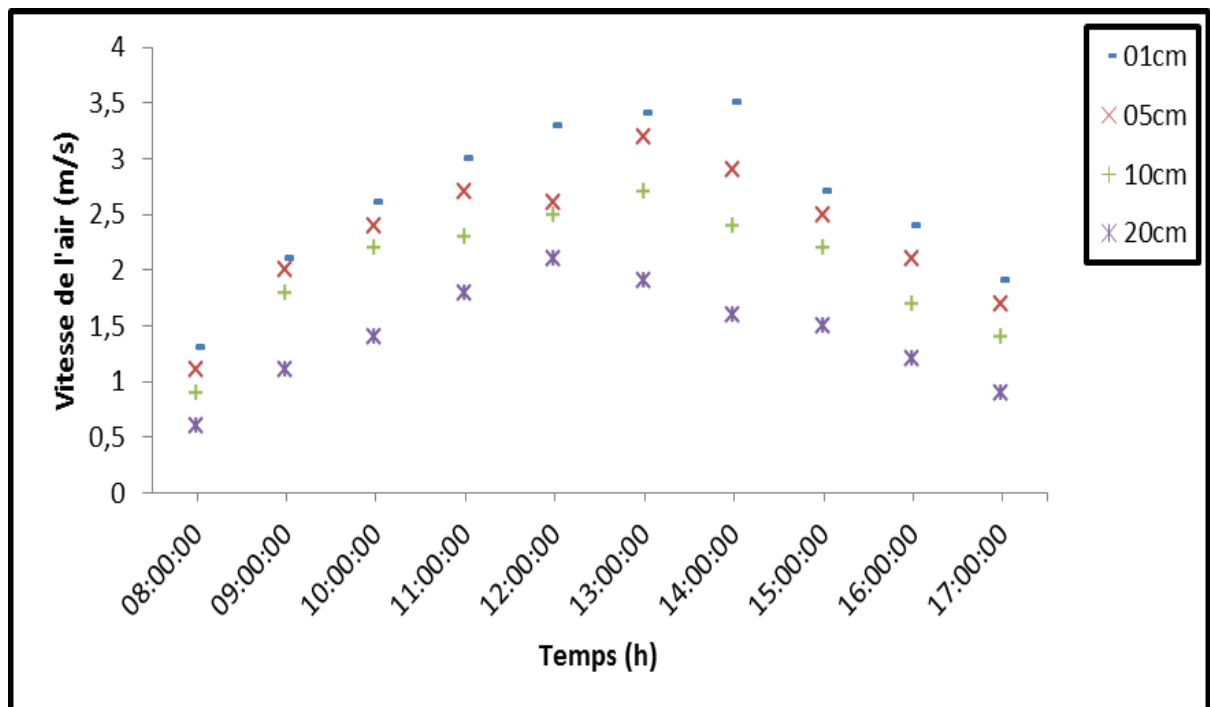


Fig. 35 : Vitesse de l'air à l'entrée de la cheminée pour chaque ouverture périphérique du collecteur en fonction de temps local

## IV.2.2 Interprétation et discussion des résultats

### 1- Intensité du rayonnement, températures ambiante et vitesse de vent

D'après les résultats mentionnés (Fig.31 et Fig.32), il est clair que :

- L'intensité du rayonnement solaire commence à augmenter la matinée à partir  $645 \text{ W/m}^2$  à 08h00 elle atteint sa valeur maximale  $1006 \text{ W/m}^2$  à 13h00, puis elle diminue de nouveau, jusqu'à  $823 \text{ W/m}^2$  à 17h00.
- La trajectoire de la courbe de la température ambiante est similaire à celle de l'intensité, puisque généralement l'intensité solaire est le responsable de la variation de la température du milieu ambiant. La valeur maximale de la température ambiante est atteinte aux alentours de 14h00.
- La vitesse du vent et sa direction généralement n'étaient pas uniformes. La vitesse enregistrée pour cette journée variait entre 0.9 et 1.3  $\text{m/s}$ ; la valeur moyenne obtenue est de 1.1  $\text{m/s}$ .

### 2- L'Effet de l'ouverture de la périphérie du collecteur

La figure (33) montre la variation de la température au centre du collecteur en fonction de différentes ouvertures périphériques (01, 05, 10, 20  $\text{cm}$ ). On observe que lorsqu'on diminue la hauteur de la périphérie d'ouverture du collecteur on obtient la valeur maximale de ( $66.3 \text{ }^\circ\text{C}$ )

La figure (34) montre la différence entre la température de centre du collecteur et la température ambiante, où la différence maximale est de  $38.1 \text{ }^\circ\text{C}$  obtenue lorsque la hauteur d'entrée de la périphérie d'ouverture est de 01  $\text{cm}$

La figure (35) montre la vitesse de l'air en fonction de temps, il est évident que la hauteur de la périphérie d'ouverture du collecteur a un effet négatif sur la vitesse d'air. La diminution de la hauteur périphérique d'ouverture du collecteur entraîne une augmentation de la vitesse d'écoulement de l'air.

### IV.2.3 Graphes

À partir des résultats précédents nous choisissons l'ouverture « 01 cm » pour une étude plus profonde sur la performance de la cheminée solaire. Cette expérience a été réalisée le 05/03/2017

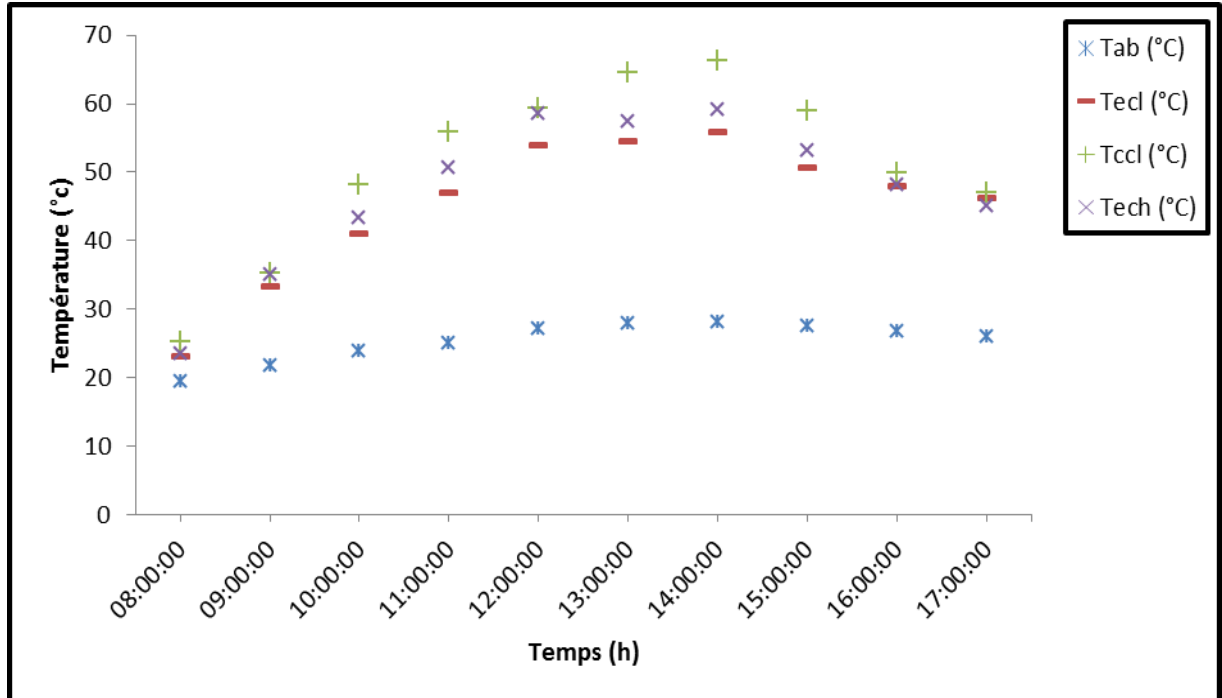


Fig. 36: Les températures à différentes positions dans le prototype en fonction de temps

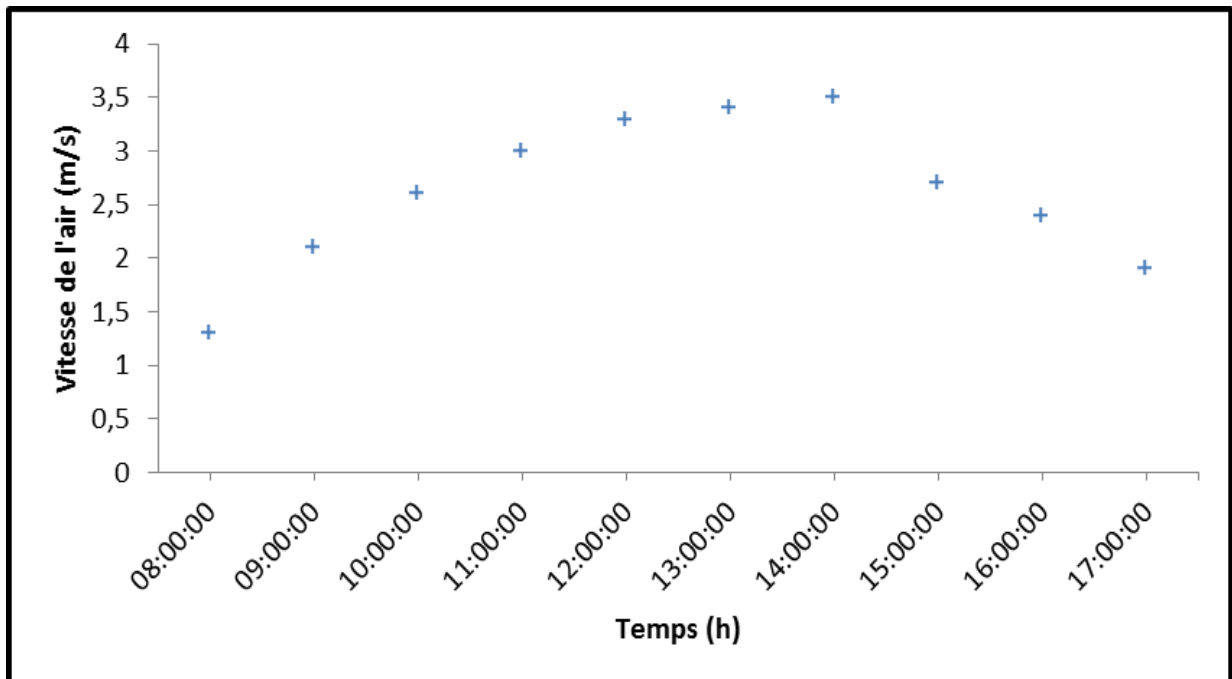


Fig. 37: Vitesse de l'air à l'entrée de la cheminée en fonction de temps

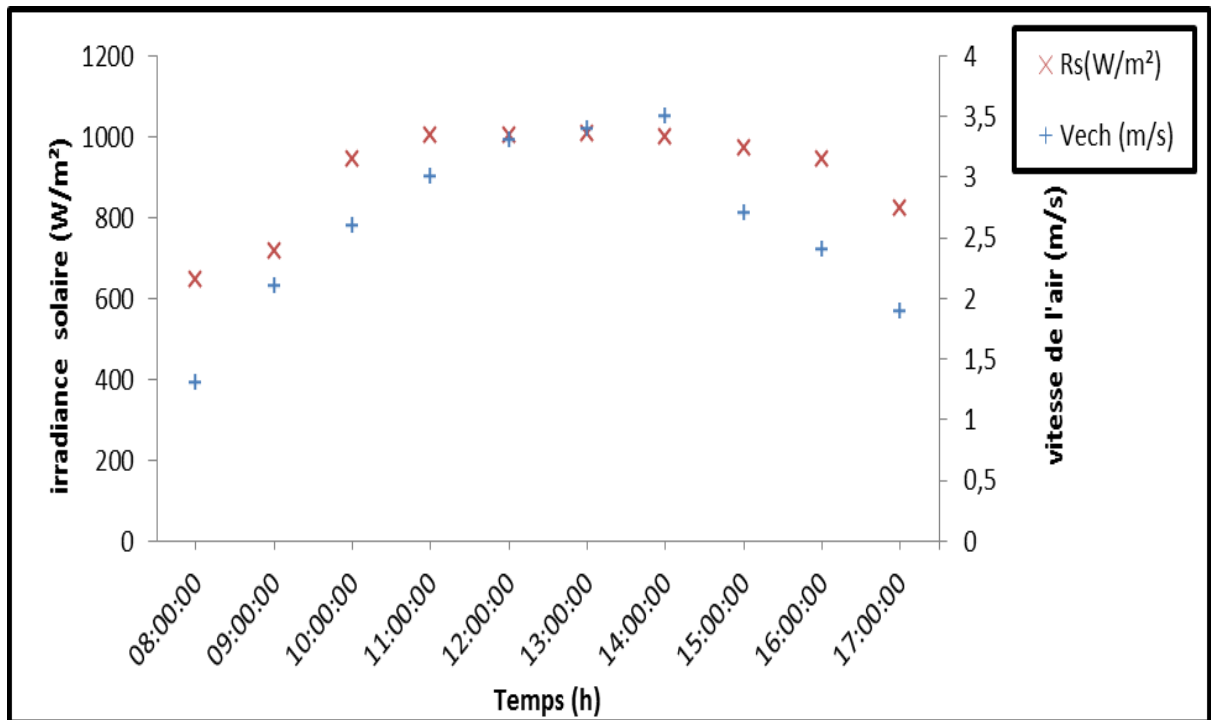


Fig. 38: Vitesse de l'air à l'entrée de la cheminée avec l'éclairage solaire en fonction de temps

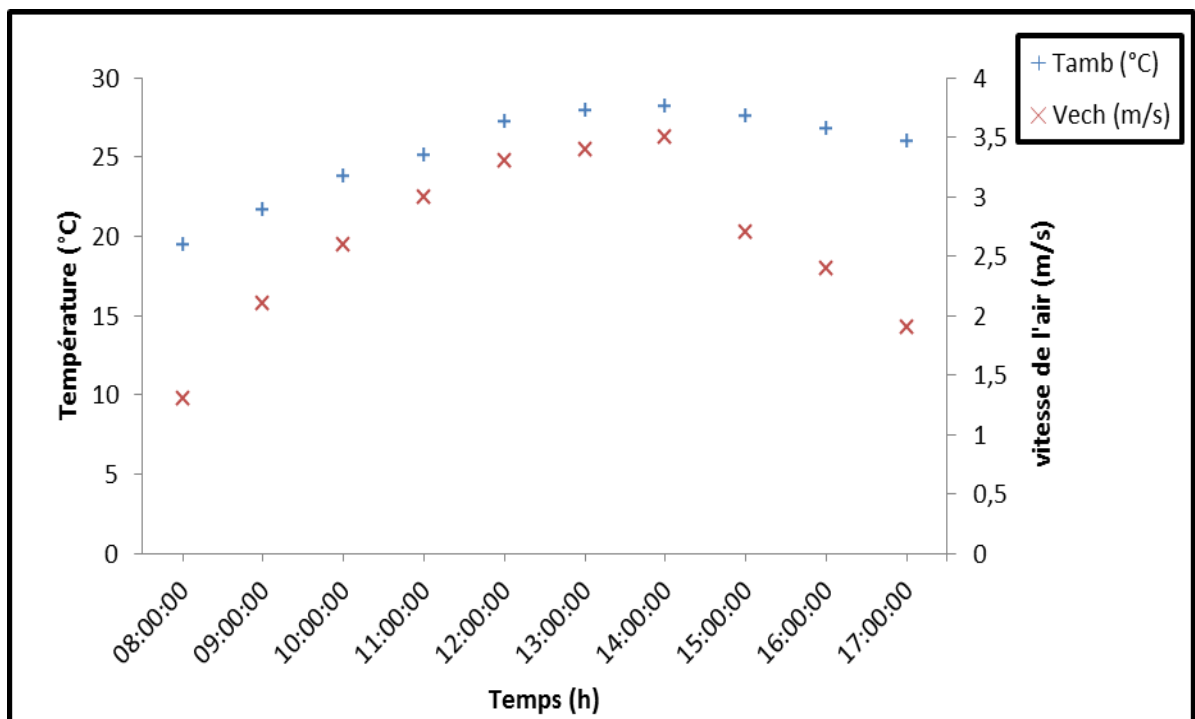


Fig. 39: Variation de la vitesse de l'air à l'entrée de la cheminée avec la température ambiante en fonction du temps



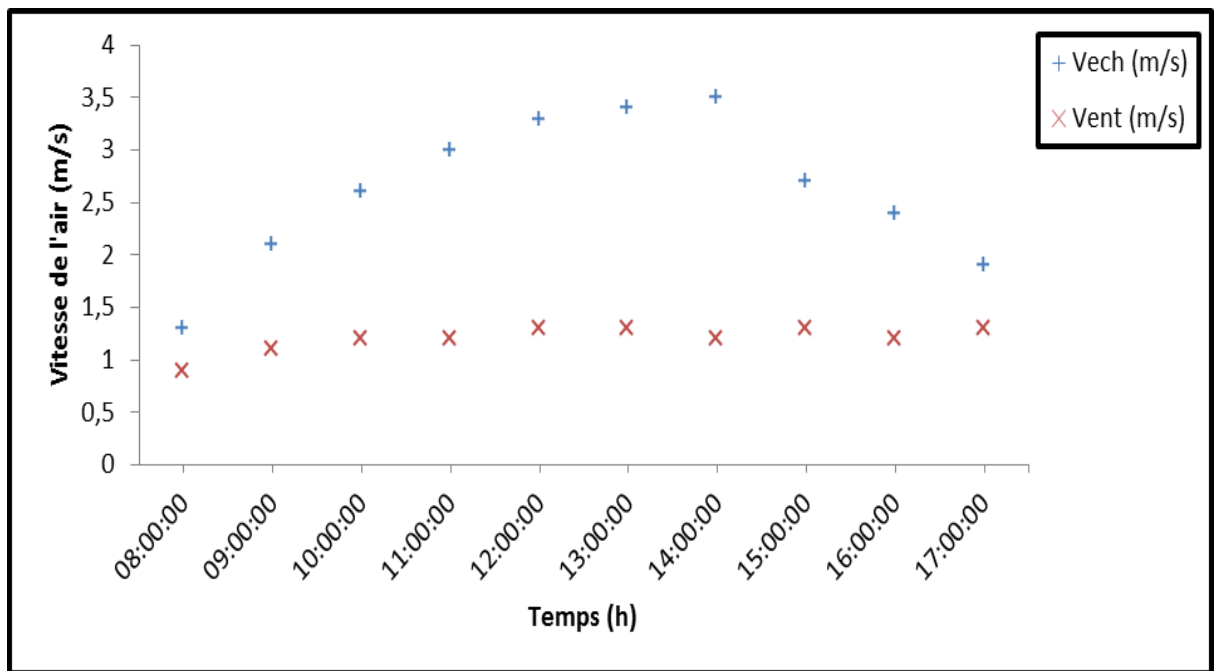


Fig. 40: Variation de la vitesse de l'air à l'entrée de la cheminée avec la vitesse de vent en fonction de temps

#### IV.2.4 Interprétation et discussion des résultats

##### 1-Distribution de la température dans la cheminée solaire

La figure (36) expose les courbes de la température de l'air à différents endroits du sol dans le collecteur. La température augmente dans le collecteur de l'entrée vers le centre, ceci est expliqué par le fait que l'air dans celui-ci s'échauffe près du sol et s'élève vers le toit pour se refroidir, elle diminue progressivement dans l'autre partie de cheminée en allant vers la sortie.

##### 2-la vitesse de l'air dans l'entrée de la cheminée

La vitesse de l'air à l'intérieur de la cheminée est le paramètre principal pour l'entraînement de la turbine de la production d'électricité. La figure (37) montre la variation de la vitesse de l'air en fonction du temps local. La vitesse de l'air augmente au début de la journée pour atteindre la valeur maximale de 3,5 m/s à 14:00h, puis elle diminue de nouveau l'après-midi, la valeur moyenne enregistrée entre 08:00h et 17:00h est d'environ 2,4 m/s.

### 3-Les paramètres influençant la vitesse de l'air

Les figures (38) et (39) présentent la variation de la vitesse de l'air à l'intérieur de la cheminée et aussi le rayonnement solaire et la température ambiante en fonction de temps. Il est clair que la vitesse de l'air augmente avec l'augmentation de l'éclairement solaire et de la température ambiante, mais l'effet de l'éclairement solaire à plus d'importance comparant à la température.

Par exemple quand l'éclairement solaire est de  $971 \text{ W/m}^2$  et la température ambiante est de  $27.6^\circ\text{C}$  on obtient une vitesse de l'air  $2.7 \text{ m/s}$ . Cette cheminée donne la vitesse de l'air de  $3 \text{ m/s}$  quand l'éclairement solaire est de  $1002 \text{ W/m}^2$  et une température ambiante de  $25.1^\circ\text{C}$ .

La figure (40) montre la variation de la vitesse de l'air à l'intérieur de la cheminée et la vitesse du vent à l'extérieur en fonction de temps. En ce jour (05/03/2017), la vitesse du vent est presque constante, sa valeur est comprise entre  $1.1$  et  $1.3 \text{ m/s}$  même l'augmentation et/ou la diminution de la vitesse du vent n'a pas d'effet remarquable sur la trajectoire de la vitesse de l'air dans la cheminée.

### IV.3. Le deuxième prototype

La série des graphes concernant le deuxième prototype, explique l'influence de l'énergie géothermique sur la performance de la cheminée solaire dans la nuit et même le matin.

#### IV.3.1. La première expérience : Cette expérience a été réalisée dans la nuit du 17/02/2017

##### IV.3.1.1. Graphes

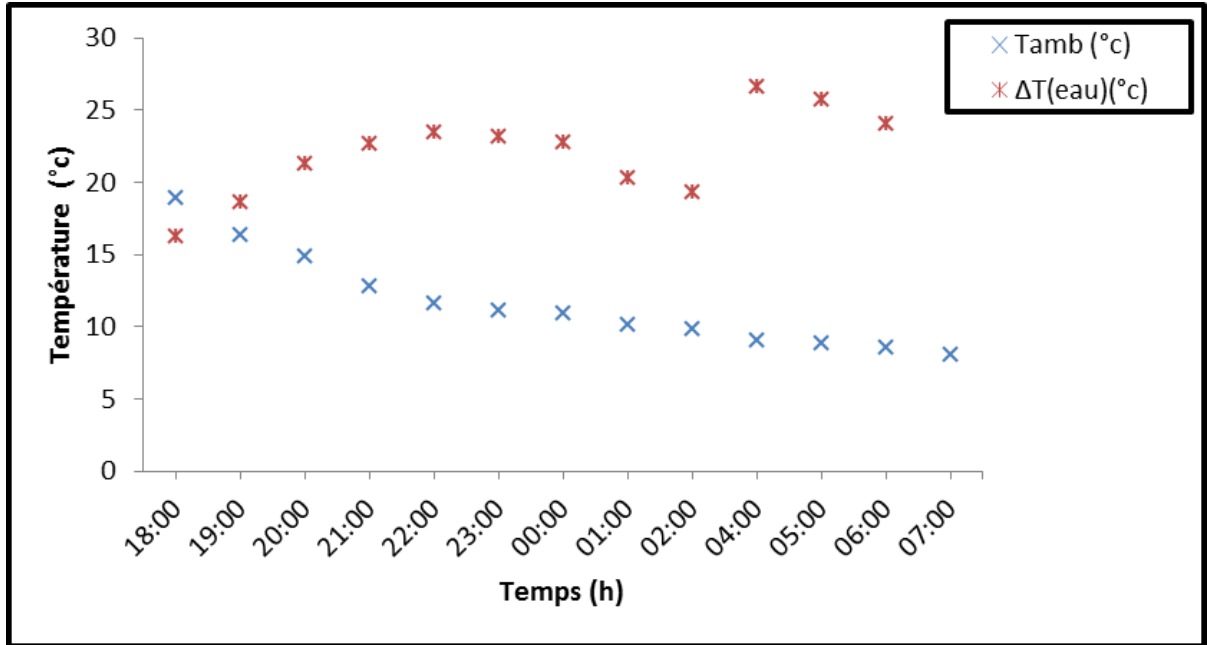


Fig. 41: Variation de la température ambiante et la différence de température de l'eau entrant et sortant dans la cheminée solaire  $\Delta T_{eau}$  en fonction de temps local

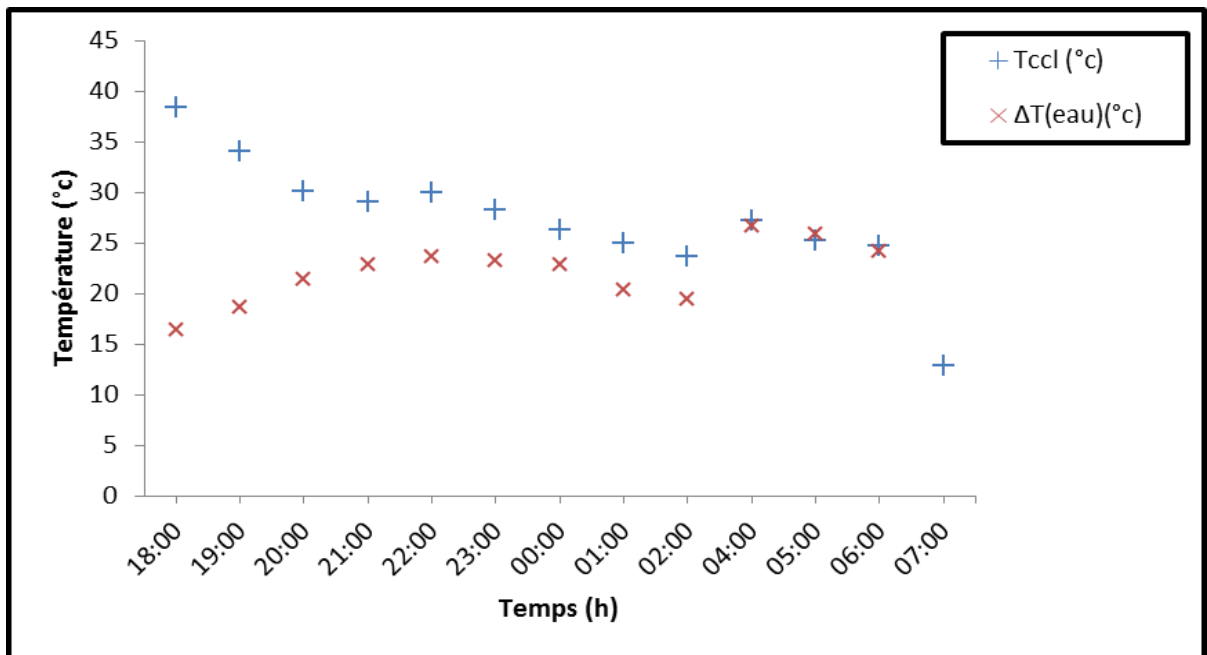


Fig. 42 : Variation de la température du centre de collecteur et la différence de température de l'eau entrant et sortant dans la cheminée solaire  $\Delta T_{eau}$  en fonction de temps local

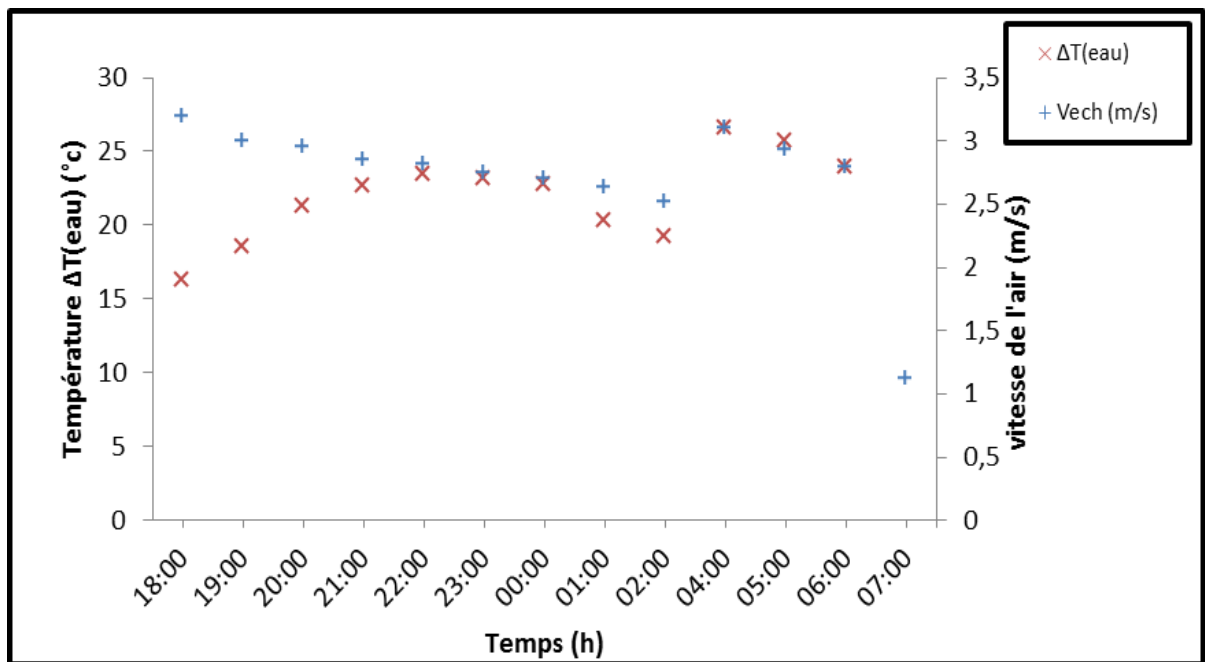


Fig. 43: Variation de la vitesse de l'air à l'entrée de la cheminée et la  $\Delta T_{\text{eau}}$  en fonction de temps local

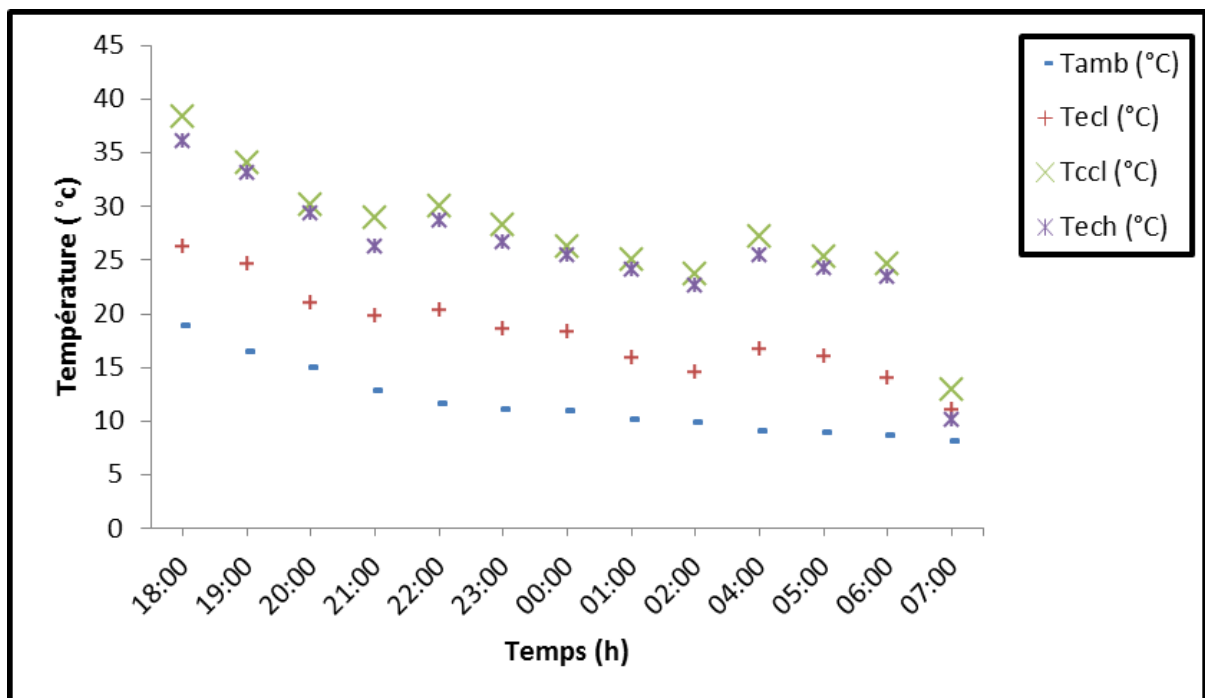


Fig. 44: Distribution de la température dans la cheminée solaire

### IV.3.1.2 Interprétations et discussions des résultats

La figure (41) montre la variation de la température ambiante et la différence de température de l'eau entrant et sortant dans la cheminée solaire  $\Delta T_{\text{eau}}$  en fonction de temps local.

La température ambiante varie entre  $18.9^{\circ}\text{C}$  à 18:00 h et  $8.1^{\circ}\text{C}$  à 7:00 h. La trajectoire de la courbe  $\Delta T_{\text{eau}}$  est divisée en deux parties. La première à partir de 18:00 h à 02:00 h où la température varie entre  $18.3$  et  $19.3^{\circ}\text{C}$ , elle atteint la valeur maximale  $23.5^{\circ}\text{C}$  à 22:00 h, la deuxième partie commence à 4:00 h jusqu'à 06:00 h sa variation est entre  $26.6$  à  $24^{\circ}\text{C}$ .

On remarque que l'augmentation de la différence de température d'eau entrant et sortant  $\Delta T_{\text{eau}}$  est proportionnelle avec la diminution de la température ambiante. On conclut que le paramètre le plus important qui rend la différence de température  $\Delta T_{\text{eau}}$  grand c'est la température ambiante.

La figure (42) donne la variation de température de centre de collecteur et  $\Delta T_{\text{eau}}$  en fonction de temps local. À partir de 18:00 h la température de centre est élevée malgré que  $\Delta T_{\text{eau}}$  était faible ; on explique cette augmentation par l'effet de système de stockage et l'isolation de bas de collecteur, après deux heures l'effet de stockage est devenu très faible à partir de 21:00 h à 06:00 h; il Prend la même variation avec la différence de température de l'eau entrant et sortant dans la cheminée solaire.

La figure (43) expose la variation de la vitesse de l'air à l'entrée de la cheminée et  $\Delta T_{\text{eau}}$  en fonction de temps local. À 18:00 h la vitesse était  $3.2\text{ m/s}$  ; après, elle a diminué jusqu'à  $2,85\text{ m/s}$  à 21:00 h, on peut expliquer cette partie de la courbe par l'effet de système de l'isolation et le stockage, après ça, l'effet de l'énergie géothermique débute seulement à partir de 22:00 h, on peut dire que la vitesse de l'air et  $\Delta T_{\text{eau}}$  ont la même trajectoire jusqu'à 06:00 h. Le système de chauffage a été stoppé à 07:00 h pour montrer l'effet de l'eau chaude qui est entrée à la cheminée solaire ; à 07 :00 h la vitesse d'air à l'entrée de cheminée a été très faible ( $1.1\text{ m/s}$ ).

L'eau chaude qui entre à la cheminée solaire est le paramètre principal dans la performance de la cheminée solaire dans la nuit parce que son effet est directement sur la vitesse de l'air à l'entrée de cheminée.

La figure (44) représente les courbes de la température de l'air dans de différents endroits du collecteur et la température ambiante en fonction de temps local.

Il y a une haute température dans le centre de collecteur tandis que la température se dégrade au fur et à mesure en allant vers la sortie de collecteur ceci explique que l'eau chaude s'écoule du centre de collecteur vers la sortie de collecteur et perd sa chaleur durant son écoulement.

On remarque que tous les températures dans les différents endroits dans le collecteur suivent la même variation que la température ambiante.

### IV.3.2. deuxième expérience :

Cette expérience a été réalisée dans le matin le 28/02/2017

#### IV.3.2.1 Graphes

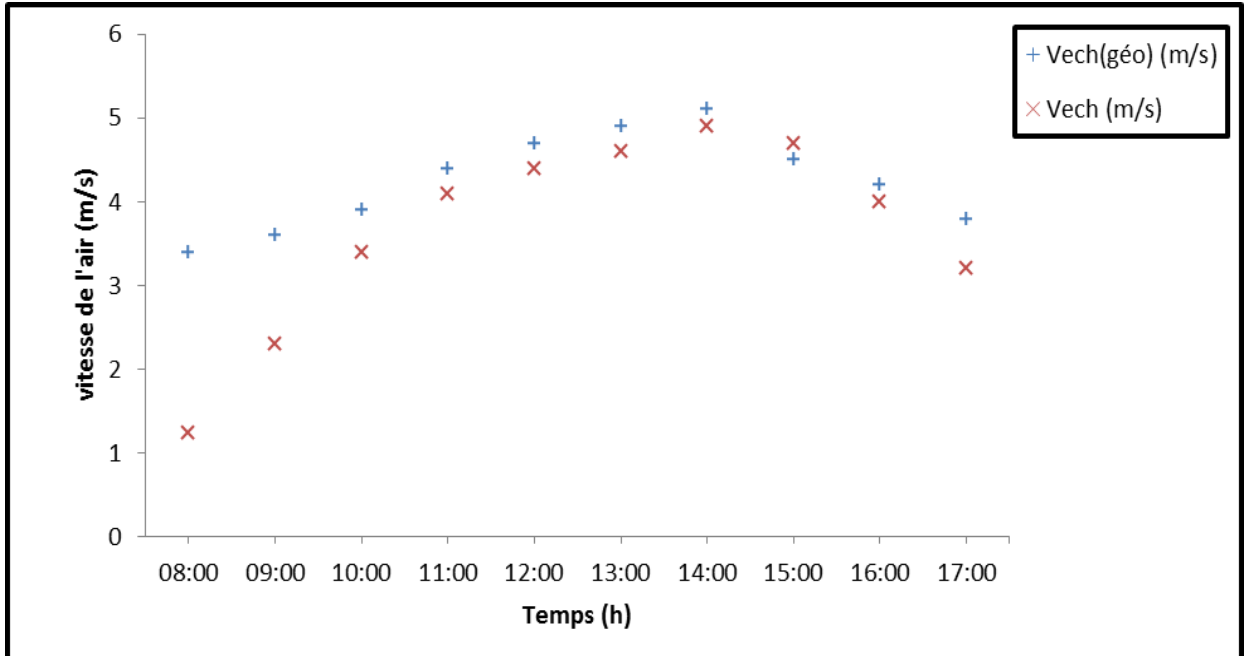


Fig. 45 : Comparaison de la vitesse de l'air à l'entrée de la cheminée au matin avec et sans énergie géothermale

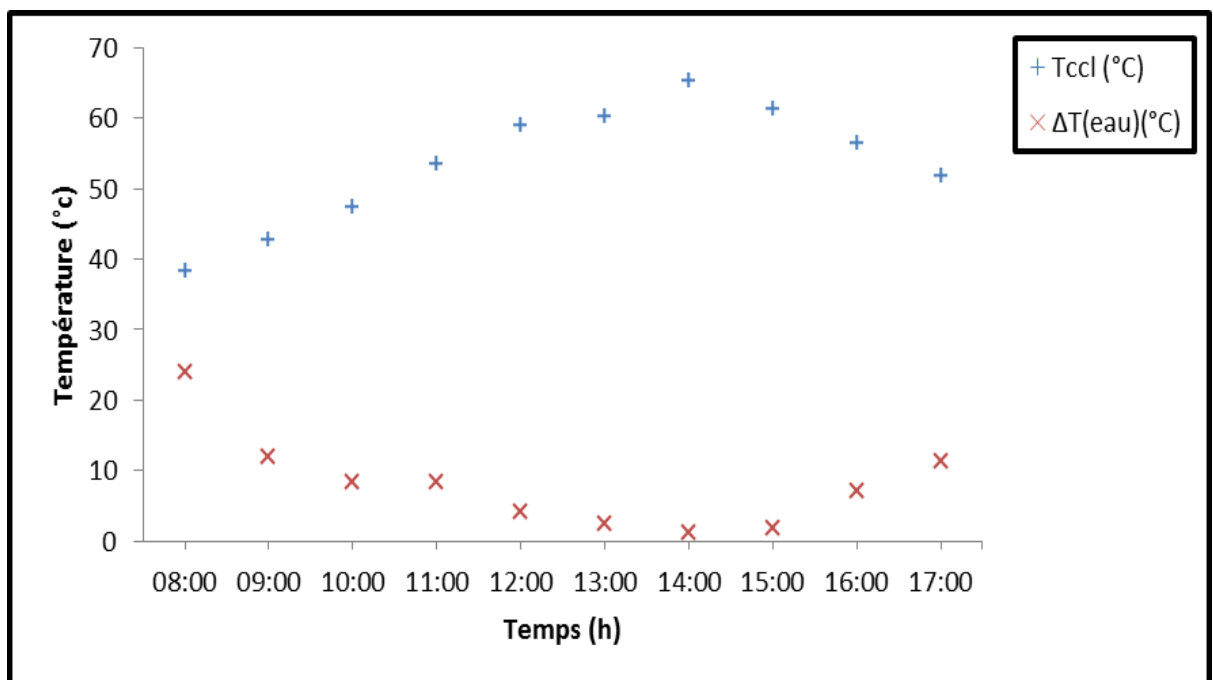


Fig. 46 : Variation de ΔTeau dans la cheminée solaire et la température de centre du collecteur en fonction de temps

### IV.3.2.2 Interprétations et discussions des résultats

La figure (45) représente la comparaison de la vitesse de l'air à l'entrée de cheminée au matin avec et sans énergie géothermale. La vitesse de l'air augmente au début de la journée pour atteindre sa valeur maximale  $5.1\text{ m/s}$  pour le cas du géothermale et  $4.9\text{ m/s}$  dans le cas normal à 14:00 h. Il est clair que l'effet de la géothermale est minimal seulement parce qu'au début de journée, on constate que la valeur minimale du cas géothermal est de ( $3.4\text{ m/s}$ ) à 08:00 h et à la fin de journée est de  $3,8\text{ m/s}$  à 17 :00 h mais par contre le témoin ( $1.24\text{ m/s}$ ) à 08:00 h et  $3.2\text{ m/s}$  à 17 :00 h les deux valeurs maximales n'ont pas une grande différence

La figure (46) montre la variation de  $\Delta T_{\text{eau}}$  dans la cheminée solaire et la température de centre du collecteur en fonction de temps. On observe que la différence de température de l'eau entrant et sortant  $\Delta T_{\text{eau}}$  dans la cheminée solaire commence avec  $23.9\text{ }^{\circ}\text{C}$  à 08:00 h et se dégrade jusqu'à  $1.3\text{ }^{\circ}\text{C}$  à 14:00 h, ensuite la température recommence à augmenter jusqu'à  $11.3\text{ }^{\circ}\text{C}$  à 17:00 h. Par contre la température de centre de collecteur au début était  $38.4\text{ }^{\circ}\text{C}$  à 08:00 h et elle augmente jusqu'au  $65.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  à 14:00 h. Elle recommence à diminuer jusqu'à  $51.7\text{ }^{\circ}\text{C}$  à 17:00 h. On peut dire que l'effet de la géothermale devient très faible sur la température de centre de collecteur lorsqu'elle dépasse  $66\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



## Conclusion générale

Le désert algérien est parmi les endroits les plus remarquables au monde où l'ensoleillement global annuel est maximal et où les surfaces inoccupées ne manquent pas. La cheminée solaire est un système très simple qui ne nécessite pas une grande technologie pour la construction, tous ces éléments constitutifs sont très simples et ne coûtent pas très cher. Les cheminées solaires sont des moyens modernes pour produire de l'énergie électrique sans causer un impact polluant sur l'environnement et sans que le procédé soit lié à une énergie fossile ou temporaire. Plusieurs études ont été faites pour développer le fonctionnement des cheminées solaires surtout en ce qui concerne les techniques de stockage de l'énergie pendant la nuit qui présente un handicap pour les installations solaires.

L'étude expérimentale menée à l'Université de Ouargla constitue une contribution de l'amélioration du fonctionnement d'une cheminée solaire par hybridation l'énergie géothermal (l'albien) et cheminée solaire expérimentalement.

L'objectif principal de notre étude a été d'atteindre une plus grande vitesse possible d'écoulement de l'air au sein de la cheminée dans le matin et la nuit afin d'utiliser cette vitesse pour faire lancer une turbine électrique.

Les résultats obtenus ont prouvé que les points mentionnés ci-dessous ont des effets sur la vitesse d'écoulement de l'air dans la cheminée solaire, c'est ce qui a été étudié dans la première partie :

- ✓ L'influence du rayonnement et la température ambiante.
- ✓ Variation du diamètre d'admission du collecteur.
- ✓ Variation des ouvertures sur la périphérie du collecteur
- ✓ Variation de la hauteur et du diamètre de la cheminée.
- ✓ Augmentation de l'effet de serre en changeant les matériaux de base de la cheminée comme bache et bois respectivement par du verre et de l'acier.
- ✓ Isolation thermique de la cheminée.

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

Dans la deuxième partie, nous avons une combinaison de deux types de sources d'énergie disponibles dans la région de Ouargla (solaire et géothermale) pour développer la performance

de cheminée solaire. Les résultats obtenus permettent l'utilisation de l'énergie géothermale (l'Albien) comme une bonne solution sur la performance de la cheminée solaire pendant la nuit et pendant les jours nuageux comparée aux anciennes techniques de stockage d'énergie thermique qui ne donnent pas les résultats attendus.

Enfin, Les résultats d'analyses peuvent être utilisés pour répondre aux questions générales sur les options technologiques pour former les décisions politiques et les décisions de planification. Le système hybride de la cheminée solaire et la géothermale (l'Albien) ainsi développé pourra constituer un moyen très économique pour l'énergie d'électrification.

## Références bibliographie

- [1] M. MOKHNACHE, " Etude de la stabilité d'une ferme éolienne connectée à un réseau électrique avec des dispositifs FACTS ", Mémoire de Magister, Faculté de Technologie UNIVERSITE FERHAT ABBAS SETIF, 2012
- [2] A. MIRECKI, "Etude comparative de chaînes de conversion d'énergie dédiées à une éolienne de petite puissance," Thèse de Doctorat, Institut national Polytechnique, Toulouse, 2005.
- [3] F. KENDOULI, " Etat de l'art et modélisation des microcentrales", Mémoire de magister, Faculté des Sciences de L'ingénieur Département d'Electrotechnique Université Mentouri de Constantine, 2007
- [4] D. WILGENBUS, "L'énergie solaire", La main à la pâte – Société française de physique, Paris lion 2012.
- [5] S. BONNET, M. ALAPHILIPPE, P. STOUFFS, "Conversion Thermodynamique de l'Energie Solaire dans des Installations de Faible ou de Moyenne Puissance : Réflexions sur le Choix du Meilleur Degré de Concentration", Journées Internationales de Thermique, pp 73-80, 2003.
- [6] Edwards, D, K, capteurs solaires, Edition SCM, Paris 1979
- [7] F. Kendouli, K. Nabti, K. Abed and H. Benalla, " Modélisation, Simulation et Contrôle d'une Turbine Eolienne à Vitesse Variable basée sur la Génératrice Asynchrone à double alimentation ", Revue des Energies Renouvelables, Vol. 14 N°1, pp. 109-120, 2011.
- [8] C. Darras, " Modélisation de Systèmes Hybrides Photovoltaïque / Hydrogène : Applications site isolé, micro-réseau, et connexion au réseau électrique dans le cadre du projet PEPITE", Thèse de Doctorat, Université de Corse-Pascal Paoli, May 2011.
- [9] A. Mirecki, " Etude comparative de Chaînes de Conversion d'Energie dédiées à une Eolienne de petite puissance", Thèse de Doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse, Avril 2005.
- [10] S. Haffen, " Caractéristiques Géothermiques du Réservoir Gréseux du Buntsandstein d'Alsace", Thèse de Doctorat, Université de Strasbourg, Septembre 2012.
- [11] Guide des Energies Renouvelables, Ministère de l'Energie et des Mines, Edition 2007.

- [12] REN21 réseau mondial des acteurs dans le domaine des énergies renouvelables, Renewables 2011 Global Status Report, publié le 12 juillet 2011.
- [13] I.Cabanyes, "Proyecto de Motor Solar", La Energia Eléctrica Revista General de Electricidad y sus Aplicaciones, 8, 61-65, 1903.
- [14] H.Günther, "In hundert Jahren, Kosmos - Gesellschaft der Naturfreunde", Stuttgart, 78 pp., 1931.
- [15] J. Schlaich, The solar chimney: electricity from the sun: Edition Axel Menges, 1995.
- [16] Solar Chimney-Technology. Retrieved 10.11.2004
- [17] A brief history of solar chimney. Retrieved 10.11.2004
- [18] JÖRG SCHLAICH, "The solar chimney: electricity from the sun", Edition Axel Menges, November 2004.
- [19] T. Fogelman, Système photovoltaïque pour les pays en déventement, manuel d'installation et d'utilisation, Agence Française pour la Maîtrise de l'énergie, (AFME) 2010.
- [20] M. Chegaar, A Lamir, A Chibani, Estimation global solar radiation using sunshine hours, 4ème séminaire international Physique Énergétique, Bechar 2000.
- [21] X.Zhou, J. Yang, B. Xiao, and G. Hou, "Simulation of a pilot solar chimney thermal power generating equipment," Renewable Energy, vol. 32, pp. 1637-1644, 2007.
- [22] X. Zhou, J. Yang, B. Xiao, and G. Hou, "Experimental study of temperature field in a solar chimney power setup," Applied Thermal Engineering, vol. 27, pp. 2044-2050, 2007.
- [23] A.B. Kasaeian, E. Heidari, Sh. Nasiri Vatan "Experimental investigation of climatic effects on the efficiency of a solar chimney pilot power plant" Renewable and Sustainable Energy Reviews vol. 15, pp. 5202– 5206, 2011.
- [24] Abdulcelil BUĞUTEKİN, "an experimental investigation of the effect of periphery height and ground temperature changes on the solar chimney system" J. of Thermal Science and Technology, vol. 32, 1, pp. 51-58, 2012
- [25] Mohammad O. Hamdan "experimental solar chimney data with analytical model prediction" Renewable Energy, vol.36, pp.2593-2598, 2011

[26] C. Ketlogetswe, J. K. Fiszdon, and O.O. Seabe, "RETRACTED: Solar chimney power generation project—the case for Botswana," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 12, pp. 2005-2012, 2008.

[27] C.Yisheng, "2, YANG Yan1, WEIYili2, YANG Jinghui1, TIAN yanrong1 (1.School of Environment and Energy, Inner Mongolia University of Science and Technology, BaoTou 014010, China, 2. Institute of New Energy Power Generation, Inner Mongolia University of Science and Technology, BaoTou 014010, China); Solar hot air-flows power generation and its application in Wuhai of Inner Mongolia [J]," *Energy Research and Information*, vol.2, 2010.

### ملخص:

تعتبر الطاقات المتجددة من أهم مصادر الطاقة اليوم والبدائل للطاقات الأحفورية ومن بين احد طرق استغلال الطاقات المتجدد نذكر المدخنة الشمسية.

في هذا الموضوع التجريبي قمنا بدراسة تأثير العوامل (درجة الحرارة المحيطة، سرعة تدفق الهواء، اشعاع الشمس... الخ). التي تؤثر على أداء مدخنة الطاقة الشمسية لإنتاج الكهرباء, و كذلك قمنا بوضع حل تجريبي لعمل المدخنة الشمسية في ظل غياب أشعة الشمس او في الليل و ذلك باستعمال أحد مصادر الطاقة الجوفية و المتمثل في المياه الجوفية Albien الموجودة في منطقة صحراء الجزائر و خصوصا منطقة ورقلة حيث تصل درجة حرارتها الى حوالي 70 درجة مئوية.

**الكلمات المفتاحية:** الطاقات المتجددة, المدخنة الشمسية, انتاج كهرباء, صحراء الجزائر, Albien .

### Abstract:

Nowadays renewable energies are the most important energy resources and the most appropriate alternative to fossil energies. Among these resources we can cite solar and geothermal energy.

In this experimental work we have studied the effect of several key parameters (ambient temperature, wind velocity, solar irradiance ... etc.) on the performance of solar chimney in aim to produce electricity, and we have developed the performance of solar chimney at night or cloudy days by the using of geothermal resource (hot groundwater called Albien) the latter is located in southern of Algeria especially in the region of Ouargla when its temperature can reach 70 °C.

**Key words:** renewable energies, solar chimney, electricity production, Algerian desert, Albien.

### Résumé :

Les énergies renouvelables sont considérées comme des sources les plus importantes de nos jours et une alternative aux énergies fossiles. Dans notre travail expérimental on a étudié l'effet de certains paramètres clés (température ambiante, vitesse de vent, la radiation solaire...etc.) sur la performance de la cheminée solaire pour la production d'électricité et on a résolu le problème de stockage de l'énergie thermique dans la cheminée solaire par l'utilisation de l'énergie géothermale fournie par l'ALBIEN, qui se trouve en abondance dans la région d'Ouargla et qui se caractérise par une température qui peut atteindre 70°C. L'énergie d'appoint peut servir à maintenir élevée la température du collecteur pendant la nuit.

**MOTS-CLE:** cheminée solaire, production d'électricité, stockage, Energie thermique, Albien.