



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE D'IBN KHALDOUN TIARET

FACULTE DES SCIENCES DE LA MATIERE

DEPARTEMENT DE PHYSIQUE

MEMOIRE

Pour l'obtention du Diplôme de Master en Physique

OPTION : GENIE DES MATERIAUX

Thème :

**Etude expérimentale d'un prototype de cheminée solaire
réalisé à Tiaret**

Présenté par :

Mr. LAHMAR Omar

Soutenu le : 21 / 06 / 2017

Devant le jury :

Mr.BENRABAH Bedhief

Mr.BOUSMAHA Mohamed

Mr.BEZZEROUK Mohamed Amine

Mr.DJAKHDANE Khaled

Mr. RABIE Naceur

Président

Examineur

Examineur

Encadreur

Co-encadreur

Année Universitaire 2016-2017

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents pour leur soutien, leur patience, leur encouragements durant mon parcours scolaire, que dieu les gardes et les protèges.

A mes frères et mes sœurs ainsi a toute la famille **LAHMAR**

A mes très chers amis : Amine, Abdelkader, Walid, Toufik, Boubaker, Rached, Ahmed.

A monsieur **Djakhdane Khaled & Rabie Naceur** : cette humble dédicace ne saurait exprimer mon grand respect et ma profond estime, que dieu vous procure bonne santé et long vie.

A tous les membres de ma promotion.

A tous ceux qui ne sens chers et que j'ai omis de citer.

Omar

Remerciements

J'aimerais en premier lieu remercier mon dieu **Allah** qui m'a donné la volonté et le courage pour la réalisation de ce travail.

Je tiens à remercier tout d'abord mon encadreur Monsieur **Djakhdane Khaled**, Docteur à l'université de Tiaret, pour m'avoir suivi durant mon travail de mémoire, pour ses conseils précieux et la compétence de son encadrement.

Il m'est aussi très agréable de remercier Monsieur **Bezzouk Med Amine** maître de conférences "B" à l'université de Tiaret, qui m'a fait l'honneur de présider le jury de ma soutenance.

Mes remerciements les plus élogieux à Monsieur **BOUSMAHA Med**, Maître de conférence "B" à l'université de Tiaret, qui a bien voulu accepter de faire partie du jury et d'examiner mon travail.

Et en fin j'adresse mes sincères remerciements à mes parents, mes frères, mes sœurs, et à tout mes amis.

Introduction générale.....	1
 Chapitre I La production de l'énergie électrique 	
I.1 Inroduction.....	5
I.2 Bref historique sur la production de l'électricité.....	5
I.3 Mode de production de l' énergie électrique.....	6
I.3.1 Les centrales thermique.....	6
I.3.1.1 Les centrales thermique a flame.....	6
I.3.1.2 Les centrales thermique nucléaire	6
I.3.1.3 Les énergies renouvelables	7
I.3.1.3.1 Les centrales hydrauliques.....	7
I.3.1.3.2 L'éolienne	8
I.3.1.3.3 Biomasse	8
I.3.1.3.4 L'énergie solaire	9
I.3.1.3.5 L'énergie géothermique.....	9
I.4 Evolution et situation mondiale vis-à-vis au production d'électricité	10
I.5 Conclusion.....	11
 Chapitre II La cheminée solaire 	
II.1 Introduction	13
II.2 La tour solaire.....	13
II.2.1 Historique.....	13
II.2.2 Différent parties d'une tour solaire.....	14
II.2.2.1 Le collecteur.....	14
II.2.2.2 Les Turbines.....	15
II.2.2.3 La Cheminée	16
II.3 Principe de fonctionnement d'une tour solaire	17
II.4 Phénomènes majeur « le thermosiphon ».....	18
II.5 Le prototype de Manzanares.....	20
II.6 Les trois projets actuels de tour solaire.....	21
II.6.1 Le projet australien.....	21
II.6.2 La cheminée solaire Espagnole	22
II.6.3 La cheminée solaire Namibienne.....	23
II.7 Conclusion	24

Chapitre III Le polyéthylène

III.1 Définition du polymère	26
III.2 Les différents types de polymère.....	26
III.2.1 Thermoplastiques techniques : Polyéthylènes.....	26
III.2.1.1 Les propriétés du polyéthylène	28
III.2.1.2 Propriétés Physico-chimiques.....	29
III.2.1.3 Propriétés mécaniques.....	29
III.3 Structures moléculaires des polymères solides	31
III.4 Structure amorphe.....	32
III.5 Structure semi –cristalline.....	32
III.6 Relation entre les propriétés mécaniques et physiques des polymères solides.....	33
III.7 Conclusion	34

Chapitre IV Résultats et discussions

IV.1 Introduction.....	37
IV.2 Prototype de Téhéran (Iran).....	37
IV.2.1 Structure et composants	37
IV.3 Prototype confectionné	38
IV.3.1 Structure et composants.....	38
IV.4 Paramètre étudiées	39
IV.5 Instrument de mesures.....	39
IV.6 Résultats et discussions.....	41
IV.6.1. Introduction	41
IV.6.2. Résultats en fonction de la première variante	41
IV.6.3 Résultats en fonction de la deuxième variante	43
IV.6.4 Résultats en fonction de la troisième variante	46
IV.6.5 Résultat de la quatrième variante (changement de l'absorbeur)	48
IV.6.6 Synthèse des résultats	49
Conclusion générale.....	51
Références Bibliographiques.....	53

Sommaire

Liste des figures

Figure I.1 Schéma d'une centrale thermique à flamme	6
Figure I.2 Schéma d'une centrale Nucléaire.....	7
Figure I.3 Schéma d'une centrale hydraulique	8
Figure I.4 Une turbine Eolienne.	8
Figure I.5 Schéma de principe d'une usine biomasse	9
Figure I.6 Panneaux Solaires Photovoltaïque.	9
Figure I.7 Géothermie basse énergie.	10
Figure I.8 Evolution de la production d'électricité dans le monde (1991/2008)	10
Figure I.9 Production d'électricité par zone géographique (2000).....	11
Figure II.1 Cheminée solaire.....	13
Figure II.2 Collecteur de cheminée solaire.....	14
Figure II.3 Verrière du collecteur d'une cheminée solaire.....	14
Figure II.4 Turbine pour Cheminée Solaire de large diamètre.....	15
Figure II.5 Turbines verticales.....	16
Figure II.6 Petites turbines horizontales.....	16
Figure II.7 La cheminée.....	16
Figure II.8 Autoportantes.....	17
Figure II.9 Haubanées.....	17
Figure II.10 Toit transparent de la serre.....	18
Figure II.11 Schéma illustrant le fonctionnement de la cheminée solaire.....	18
Figure II-12 Schéma illustrant la circulation de l'air.....	19
Figure II-13 Schema illustrant le Principe de fonctionnement d'un Thermo siphon.....	19
Figure II.14 La Cheminée solaire Manzanares.....	20
Figure II-15 Structure de La Cheminée solaire Manzanares.....	21
Figure II-16 La Cheminée Solaire Australienne.....	22
Figure II-17 La Cheminée Solaire de Ciudad Real.....	23
Figure II.18 La Cheminée Solaire Namibien.....	24
Figure III.1 La constitution d'un polymère.....	26
Figure III. 2 Principaux polymères sur le marché de l'emballage alimentaire.....	27

Liste des figures

Figure III.3 : Les secteurs clients de l'industrie d'emballage thermoplastique	28
Figure III.4 Schématisation de la structure type d'une pelote statistique	32
Figure III.5 Schématisation du repliement des chaînes dans un monocristal	32
Figure III.7 Structure d'un polymère semi-cristallin.....	33
Figure IV.1 Cheminée solaire de Téhéran.....	37
Figure IV.2 Prototype de cheminé solaire installé à Tiaret.....	38
Figure IV.3 Emplacement des capteurs ainsi que l'Anémomètre.....	40
Figure IV.4 Anémomètre	40
Figure IV.5 Vitesse d'écoulement en fonction du temps avec cinq ouvertures.....	41
Figure IV.6 Températures en fonction du temps avec cinq ouvertures.....	42
Figure IV.7 humidité en fonction du temps.....	43
Figure IV.8 Vitesse en fonction du temps avec trois ouvertures.....	44
Figure IV.11 humidité en fonction du temps.....	44
Figure IV.12 Vitesse en fonction du temps avec une seule ouverture.....	45
Figure IV.13 Différentes températures en fonction du temps avec une seule ouverture.....	46
Figure IV.14 l'humidité en fonction du temps.....	47
Figure IV.15 Vitesse en fonction du temps avec cinq ouvertures.....	48
Figure IV.16 Vitesse d'écoulement en fonction du temps et selon les deux dernières variantes.....	48
Figure IV.9 Différentes températures en fonction du temps avec trois ouvertures.....	49

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE :

Depuis la révolution industrielle au 19^{ème} siècle, l'utilisation de l'énergie a pris de l'ampleur, et L'exploitation de nouvelles formes d'énergie est devenue une nécessité pour assurer le niveau de vie actuel de l'humanité.

En effet, l'exploitation massive des énergies conventionnelles ne cesse de s'accroître, durant le 20^{ème}, la consommation d'énergie est multipliée par dix avec une accélération à partir de 1945, ce qui a Pour effet l'épuisement des ressources traditionnelles en matière d'énergie.

En outre, le réchauffement climatique est une autre conséquence de l'exploitation massive des Hydrocarbures qui produisent de grandes quantités de gaz à effet de serre. Au 20^{ème} siècle, des Scientifiques ont indiqué une augmentation de 0.6°C de la température moyenne de la planète et selon Un rapport réalisé par le GIEC (groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat) en 2007, la Température moyenne de la planète va augmenter de 1.8 à 4°C d'ici la fin du 21^{ème} siècle .

A cet effet et pour mieux préserver l'avenir de l'humanité, il est de rigueur de consommer Rationnellement les énergies conventionnelles et de développer les énergies renouvelables qui sont inépuisables et propres.

Les énergies renouvelables ont connu une première phase de développement à l'occasion des chocs pétroliers de 1973 et 1978, puis une période de repli après le contrechoc de 1986, avant de retrouver un second souffle en 1998 après la signature du protocole de Kyoto qui prévoit une baisse de 5.2% des émissions des gaz à effet de serre des pays riches sur la période de 2002-2012 par rapport à 1990.

L'énergie renouvelable la plus dominante est l'énergie solaire qui assure la vie sur terre, et qui a été exploitée par l'homme depuis très longtemps, sous diverses formes.

A notre époque, et sans électricité, la vie quotidienne serait difficilement envisageable. Il est donc nécessaire de savoir la produire de manière efficace et continue. Pour répondre à la consommation croissante d'électricité.

L'Algérie, de par sa position géographique favorable, jouit d'un taux d'ensoleillement annuel très important. Les trois quarts du territoire reçoivent plus de 3000 heures par an, sont constitués de zones arides et caractérisés par une faible densité de population très éparse].

Dans le cadre de ce travail, nous sommes intéressés à l'étude expérimentale d'un prototype de cheminée solaire installée à l'université Ibn-Khaldoun Tiaret

INTRODUCTION GENERALE

En plus d'une introduction et d'une conclusion, ce travail est composé de quatre chapitres, constitués comme suit:

- Dans le premier chapitre, on parle de modes de production de l'énergie électrique ainsi que les différents types des centrales électriques et leurs impacts sur l'environnement.
- Le deuxième chapitre, concerne la cheminée solaire.
- Le troisième chapitre, est une étude sur le matériau polymère (le polyéthylène) et leurs caractéristiques.
- Le quatrième chapitre, contient deux parties la conception et la méthode de mesure & résultats et discussions.

Chapitre I

Production de l'énergie électrique

I.1 Introduction

L'énergie électrique est un facteur essentiel de développement et de l'évolution des Sociétés humaines, que cela soit sur le plan de l'amélioration des conditions de vie ou sur le Plan du développement des activités industrielles. Le système de puissance qui est à la base de cette énergie fonctionne dans un environnement en évolution continue : charges, puissance de génération, topologie du réseau. L'augmentation de la dépendance électrique de la société moderne implique des systèmes de puissance exploitables à cent pour cent de leur capacité avec une sûreté maximale.

I.2 Bref historique sur la production de l'électricité

Depuis des millénaires, les hommes ont appris à utiliser l'énergie du vent, de l'eau, des animaux pour faire plus que ce que leur permettait leur énergie musculaire.

La mise au point de la machine à vapeur (début de l'ère industrielle) leur a permis de disposer de quantités d'énergie beaucoup plus grandes, avec les conséquences (positives et négatives) que l'on connaît. Puis, après l'invention de la pile électrique par Alessandro VOLTA, de la dynamo par Xénobe GRAMME, de la lampe à incandescence par Thomas EDISON, vint l'ère de l'électricité.

Aujourd'hui, cette forme d'énergie est omniprésente dans notre vie quotidienne.

❖ **1800 : Volta** (Italien), invente la pile. Mais elle ne peut pas stocker de grosses quantités d'électricité. La pile de Volta suscite un énorme intérêt dans le monde scientifique car le courant électrique est alors un phénomène nouveau et inattendu. Grâce à elle, les physiciens de l'époque peuvent entreprendre de nombreuses recherches sur les propriétés du courant électrique et sur la résistance électrique. Ces travaux sont à l'origine du transport d'électricité par câbles.

❖ **1820 : Oersted** (Danois), remarque qu'une aiguille aimantée placée à côté d'un fil conducteur traversé par le courant est déviée.

D'une importance capitale, l'expérience d'Oersted établit pour la première fois un lien entre électricité et magnétisme. Elle ouvre la voie à de nombreuses inventions comme celle du télégraphe, qui révolutionnera un peu plus tard les moyens de communication.

❖ **1830 : Michael Faraday** (Anglais), montre qu'un courant passe dans une bobine lorsqu'on y introduit un aimant. L'histoire du début des applications de l'électricité est dominée par les découvertes du physicien anglais, Michael Faraday en 1830. En reliant les bornes d'une bobine à un galvanomètre (sorte d'ampèremètre), il observe le passage d'un courant dans la bobine, lorsqu'il introduit ou retire un aimant de cette bobine.

L'importance de cette découverte est extrême car elle rend possible la production de courant électrique sans avoir à utiliser de pile. L'énergie mécanique peut, dès lors, être directement convertie en énergie électrique. C'est ce que font, depuis, tous les alternateurs. [1]

I.3 Modes de production de l'énergie Electrique

Les principaux modes de production d'énergie électrique sont :

- ❖ Les centrales thermiques :
 - A flamme (62,5% de la production mondiale)
 - Nucléaire (17,5% de la production mondiale)
- ❖ Les énergies renouvelables : les centrales hydrauliques, solaire, géothermique, éolienne, hydrolienne... (20% de la production mondiale)

I.3.1 Les centrales thermiques

I.3.1.1 Les centrales thermiques à flamme

- **Présentation et principe de fonctionnement** : Dans les centrales thermiques à flamme, de l'énergie fossile est convertie en énergie électrique.

Les différents types d'énergie fossile utilisées sont : -le pétrole -le gaz -le charbon

- **Impacts sur l'environnement** : Les centrales thermiques sont des moyens de production d'énergies très sales.

-Elles rejettent dans l'atmosphère énormément de gaz à effet de serre (principalement du dioxyde de carbone CO_2).

-Elles sont responsables des pluies acides et de la pollution de l'air.

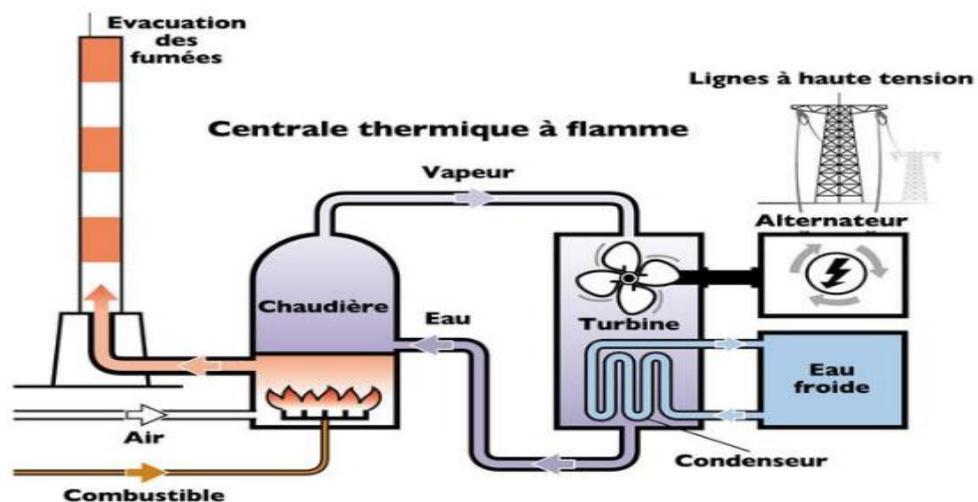


Figure I.1 Schéma d'une centrale thermique à flamme.

I.3.1.2 Les centrales thermiques nucléaires :

a-Présentation et principe de fonctionnement : Dans les centrales nucléaires, de l'énergie fossile est convertie en énergie électrique. Les différents types d'énergie fossile utilisée sont l'uranium et le plutonium.

b-Impacts sur l'environnement : Les centrales nucléaires ne rejettent pas de gaz à effet de serre.

Elles produisent des déchets radioactifs. Le stockage des déchets radioactifs pose un grave Problème pour l'environnement.



Figure I.2 Une centrale Nucléaire.

I.3.1.3 Les énergies renouvelables

Définition d'une énergie renouvelable : Les énergies renouvelables proviennent de sources inépuisables (énergie du Soleil, du vent, de la géothermie, des marées) ou renouvelables à l'échelle de la vie humaine si la ressource est bien gérée (bois, plantes). Le pétrole, le gaz, le charbon, utilisés dans les centrales thermiques à flamme, l'uranium, le plutonium, utilisés dans les centrales nucléaires, ne sont pas des énergies renouvelables. Leurs réserves sont limitées et s'épuisent. Il est indispensable de développer les énergies renouvelables afin de prendre le relais des énergies dont les réserves s'épuisent. [16].

✓ Quelles sont ces énergies renouvelables ?

Les énergies renouvelables sont divisées en 5 catégories :

- -l'énergie hydraulique (92,5% de l'électricité issue des énergies renouvelables)
- -l'énergie éolienne (0,5%)
- -l'énergie de biomasse (5,5%)
- -l'énergie solaire (0,05%)
- -l'énergie géothermique (1,5%)

I.3.1.3.1 Les centrales hydrauliques

a-Présentation et principe de fonctionnement

Dans une centrale électrique hydraulique, l'eau acquiert une énergie cinétique qui fait tourner une turbine. La turbine entraîne l'alternateur. Ce dernier convertit une partie de l'énergie mécanique de rotation de la turbine en énergie électrique. [16]

b-Impact sur l'environnement

Une centrale hydraulique produit de l'énergie électrique sans produire de gaz à effet de serre. Il s'agit donc d'une énergie propre.

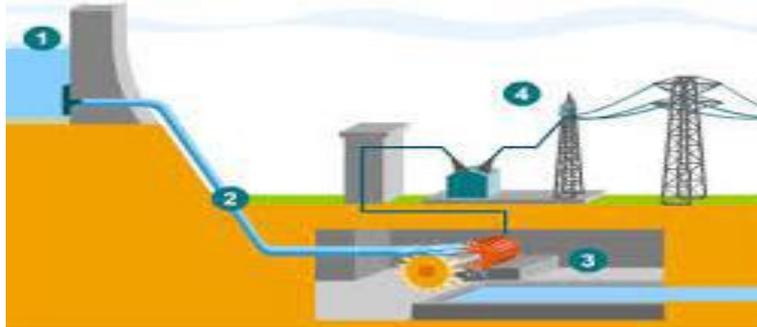


Figure I.3 Schéma d'une centrale hydraulique.

I.3.1.3.2 L'éolienne**a-Présentation et principe de fonctionnement**

Une éolienne utilise l'énergie du vent. L'énergie mécanique du vent fait tourner les pales qui constituent la turbine de l'éolienne, qui entraîne également un alternateur. Une partie de l'énergie mécanique de rotation des pales est ainsi converti par l'alternateur en énergie électrique. [16]

b-Impacts sur l'environnement

Il s'agit d'une énergie renouvelable propre n'émettant aucune pollution. Le seul aspect négatif serait l'aspect esthétique.



Figure I.4 une turbine Eolienne.

I.3.1.3.3 Biomasse

En écologie, la biomasse est la masse totale des organismes vivants mesurée dans une population, une aire ou une autre unité. En énergie, la biomasse regroupe l'ensemble des matières

organiques pouvant devenir des sources d'énergie; En législation européenne, la biomasse est la fraction biodégradable des produits, des déchets et des résidus d'origine biologique provenant de l'agriculture (y compris les substances végétales et animales), de la sylviculture et des industries connexes, y compris la pêche et l'aquaculture, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux. [16]

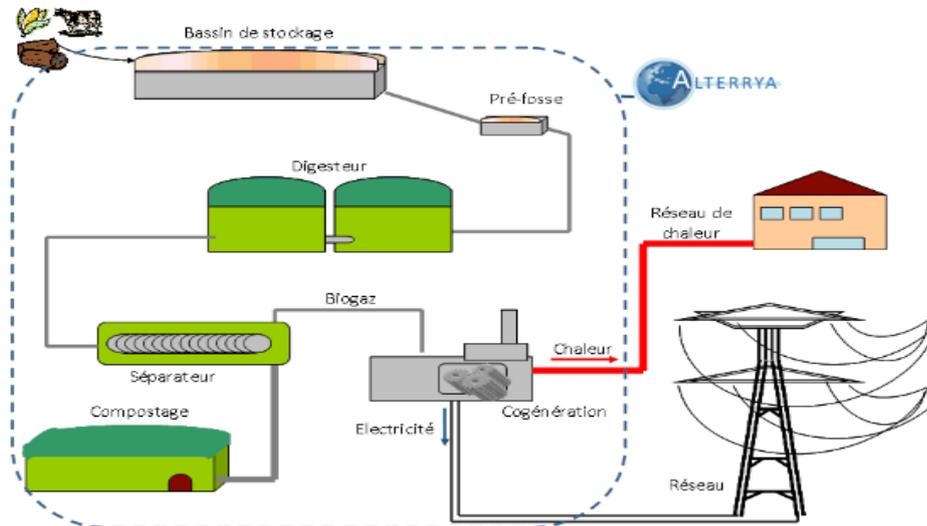


Figure I.5 Schéma de principe d'une usine biomasse.

I.3.1.3.4 Energie Solaire

L'énergie solaire est l'énergie transmise par le Soleil sous la forme de lumière et de chaleur.

Cette énergie est virtuellement inépuisable à l'échelle des temps humains. [16]



Figure I.6 Panneaux Solaires Photovoltaïques.

I.3.1.3.4 Energie Géothermique

L'énergie géothermique provient de la chaleur accumulée dans le sous-sol. Elle est perpétuellement réapprovisionnée par la radioactivité des roches et la proximité du magma en dessous de la croûte terrestre. L'exploitation par l'homme de cette énergie renouvelable porte le nom de géothermie. [16]

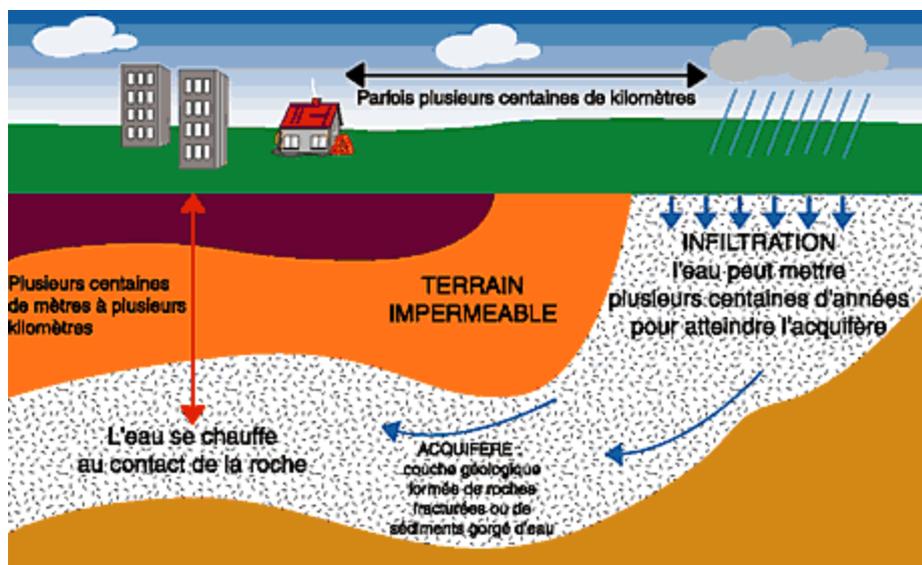


Figure I.7 Géothermie basse énergie.

I.4 Evolution et situation Mondiale vis-à-vis au production d'électricité:

Répartition des sources d'énergie dans la production mondiale d'énergie primaire (2008) :
 Production mondiale d'électricité en 2008 est **20 169 TWh***. ($T = 10^{12}$ dont 3 763 TWh de Production électrique avec des énergies renouvelables [15].



Figure I.8 Evolution de la production d'électricité dans le monde (1991/2008). [15]

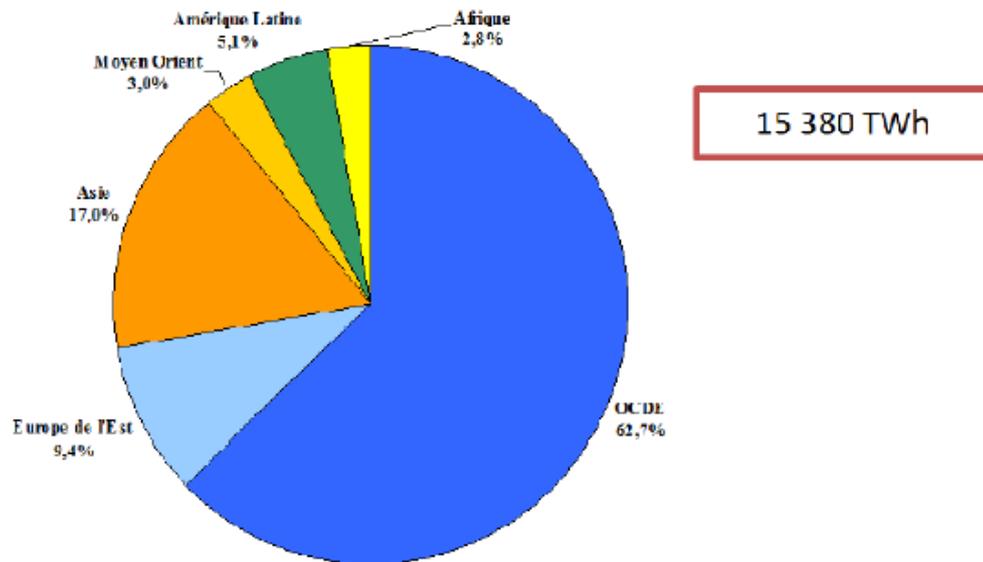


Figure I.9 Production d'électricité par zone géographique (2000). [10]

I.5 CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons représenté les phases les plus importantes dans l'histoire de l'électricité à partir de la date de sa découverte et les différentes techniques de production de l'énergie électrique globalement et localement.

A partir de ce qui précède, dans le chapitre suivant, nous identifions une des techniques les plus importantes dans la production de l'électricité qui est **l'énergie solaire**.

Chapitre II

La cheminée solaire

II.1 Introduction

Dans beaucoup de régions à travers le monde on voit naître une conscience du fait que des ressources énergétiques alternatives pourraient avoir un rôle important à jouer dans la production de l'électricité.

Cependant, il n'y a que l'énergie solaire qui soit une ressource inépuisable, totalement non polluante et qui puisse être économiquement rentable pour assurer les besoins énergétiques actuels et futurs de l'homme.

IL y a beaucoup de méthodes pour exploiter l'énergie solaire: la Tour Solaire exploite l'une de ces méthodes (**figure II.1**).

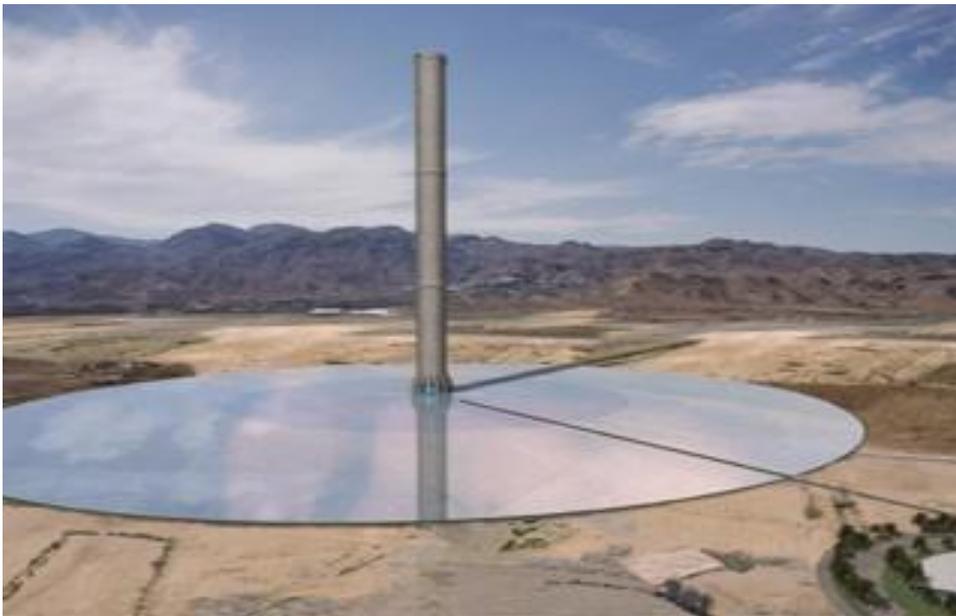


Figure II.1 Cheminée solaire

II.2 La tour solaire

II.2.1 Historique

Cela fait plus d'un siècle que des scientifiques et chercheurs comme le Colonel espagnol Isidoro Cabanyes, l'allemand Hanns Günther ou encore le français Edgard Nazare se penchent sur le sujet des tours solaires [8].

Mais ce n'est qu'en 1981 qu'un premier prototype de cheminée solaire fut construit à Manzanares (ville espagnole à 150 kilomètres de Madrid) sous la direction de l'ingénieur allemand Jörg Schlaich. Cette cheminée mesurait 194 mètres de haut et possédait une serre de 15 hectares à ses pieds. De plus le diamètre de la cheminée était de 5 mètres. Elle fonctionnait à une puissance de 50kW pour un fonctionnement d'environ 9 heures par jour

et a fonctionné jusqu'en 1989. Elle fut arrêtée en raison d'un coût du kilowattheure, cinq fois plus élevé qu'une centrale thermique classique.

II.2.2 Différentes parties d'une tour solaire

Les différentes parties d'une tour solaire sont : le collecteur, la turbine et la cheminée [7]:

II.2.2.1 Le Collecteur

Le collecteur est la partie qui est employée pour produire l'air chaud par effet de serre. Sa hauteur va de 2 à 6 mètres et recouvre une vaste surface de plusieurs milliers de m² comme on le voit sur la *Figure (II.2)*.



Figure II.2 Collecteur de cheminée solaire

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 (II-3)*.



Figure II.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 sous la serre doit progressivement augmenter de l'extérieure vers le centre afin de diminuer les pertes par frottement et divers matériaux peuvent constituer le dessus de la serre comme du verre ou des films plastiques.

Le plus efficaces emble 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 appropriés, sa durée de vie peut facilement être de 60 ans ou plus.

II.2.2.2 Les Turbines:

Des turbines, comme sur la **Figure (II.4)**, servent à convertir le courant d'air ascendant en énergie mécanique, puis électrique.

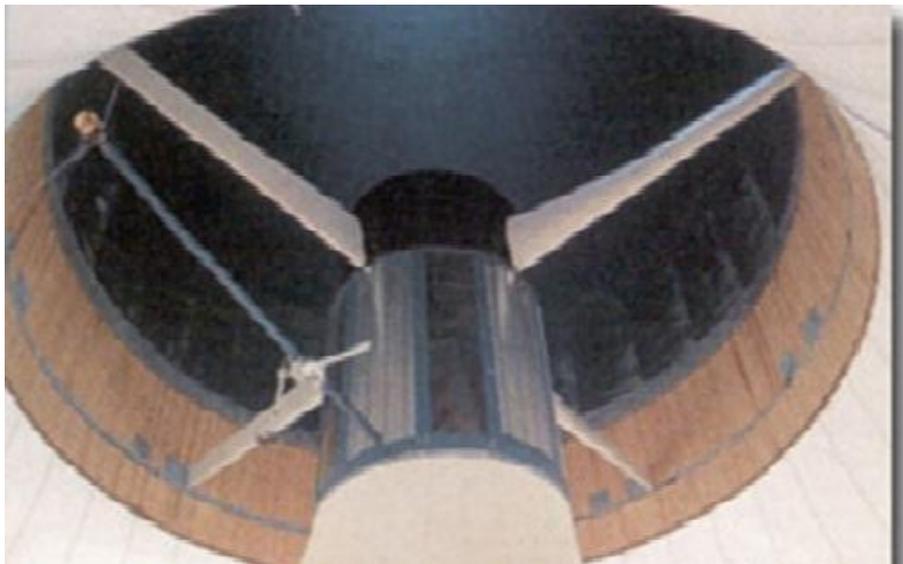


Figure II.4 Turbine pour Cheminée Solaire de large diamètre

Les turbines sont placées soit verticalement dans le collecteur **Figure (II-4)**, soit horizontalement dans la cheminée **Figure (II-6)**. Afin d'obtenir le maximum d'énergie à partir de l'air chauffé, les lames des turbines doivent couvrir toute la section de la cheminée .Pour cela, une grande turbine ou plusieurs petites turbines devraient être utilisées au pied de la cheminée, comme montré sur les **Figures [(II.5)-(II.6)]**

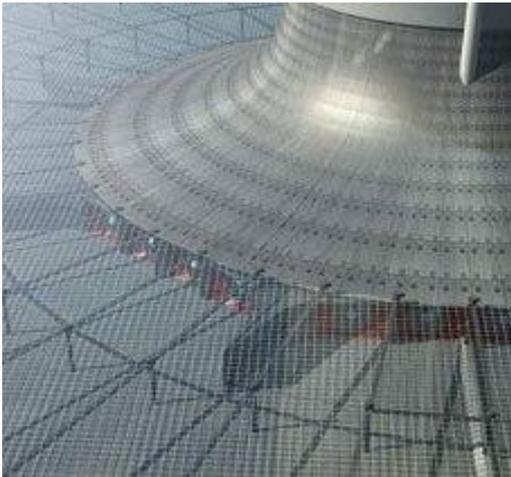


Figure II.5 Turbines verticales

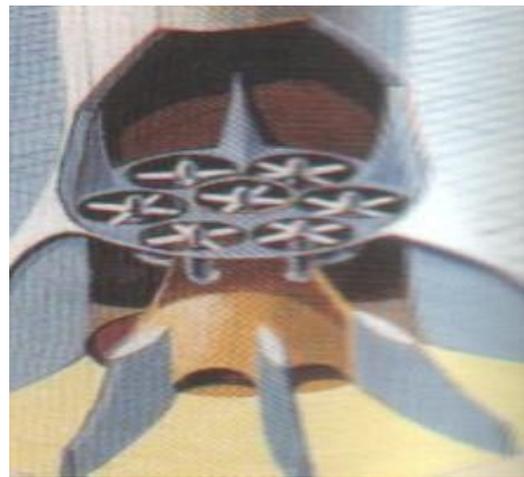


Figure II.6 Petites turbines horizontales

II.2.2.3 La cheminée:

La partie la plus importante de la tour solaire c'est la cheminée, qu'on voit sur la Figure II.7, elle agit comme une machine thermique. Les pertes par friction étant minimales dans la cheminée, celle-ci agit comme un tube de pression.

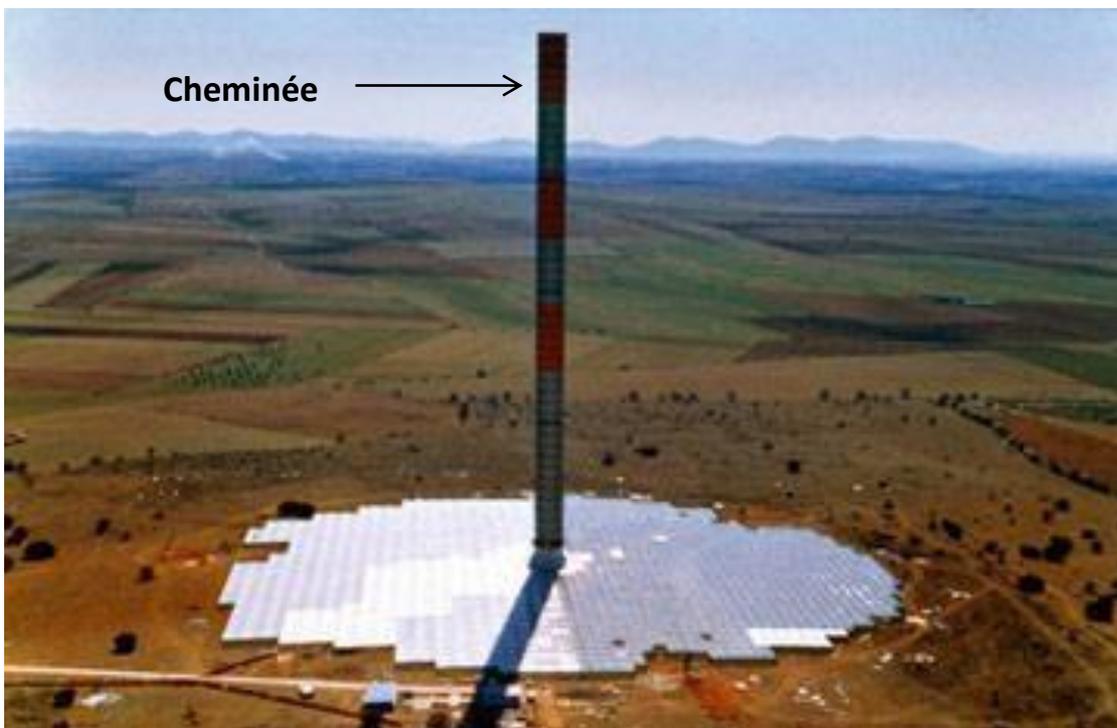


Figure II.7 La cheminée

Plus haute est la cheminée, plus importante est la quantité d'énergie produite par la tour solaire. L'efficacité de la cheminée ne dépend pas de la température de l'air entrant, mais de la différence de température avec l'air extérieur en haut de la cheminée. Donc l'efficacité est directement proportionnelle au ratio entre la hauteur de la cheminée et la température extérieure. Cependant, bien que l'efficacité soit proportionnelle à la hauteur de la cheminée, dans la pratique il y a une limitation.

Deux principaux types de cheminées sont possibles:

- autoportées: construites en dur "bétonouacier" Figure (II.8)
- les cheminées haubanées: structures plus légères faites de tubes "habillés" Figure (II.9)

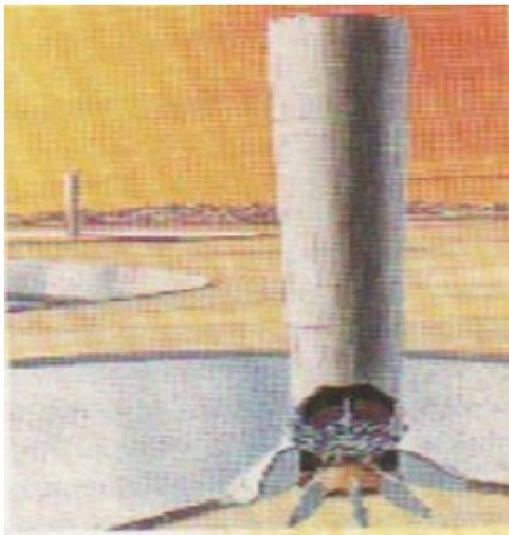


Figure II.8 Autoportantes

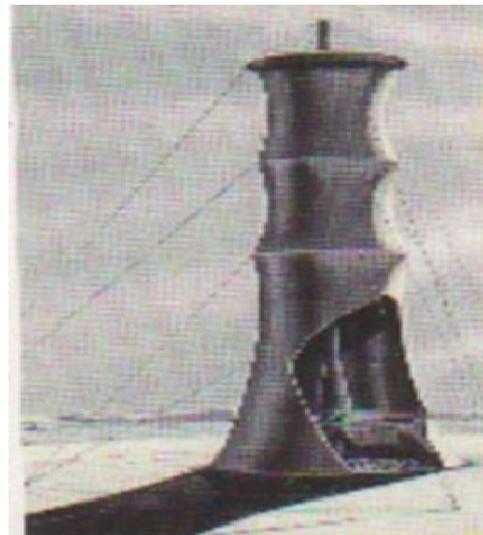


Figure II.9 Haubanées

La durée de vie des cheminées en béton est bien supérieure à celle des cheminées en membranes plastiques (une centaine d'années contre quelques années à peine) [7].

II.3 Principe de fonctionnement d'une tour solaire

Le toit transparent de la serre, qu'on voit sur la *Figure (II.10)*, 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 en suite sous forme de chaleur.



Figure II.10 Toit transparent de la serre

Comme l'air est "chauffé" il se dilate et commence à monter et à se déplacer sous la serre vers la cheminée comme illustré sur la *Figure (II.11)*. Il acquiert aussi progressivement de la vitesse.

L'air chauffé sous la serre pénètre dans la cheminée placée en son centre et crée un courant d'air ascendant. Au pied de la cheminée des turbines équipées des générateurs produisent de l'électricité.

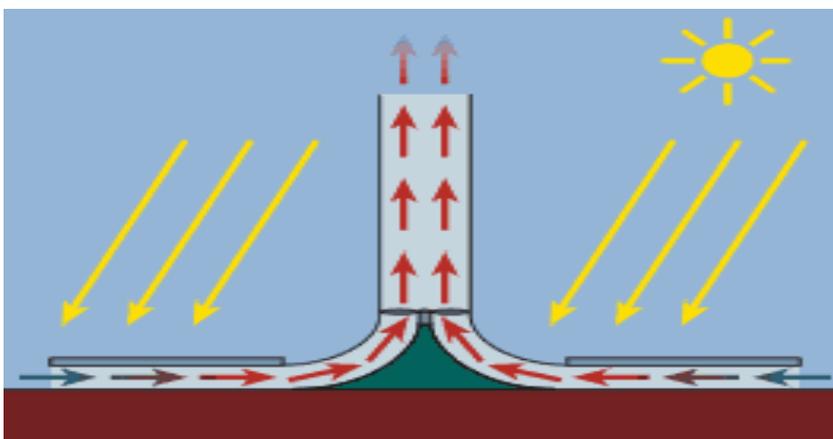


Figure II.11 Schéma illustrant le fonctionnement de la cheminée solaire.

II.4 Phénomène majeur

Le thermosiphon

Le phénomène de thermosiphon, présent dans une cheminée tour solaire, est primordial à son fonctionnement. Ce système repose sur le principe de la poussée d'Archimède qui est caractéristique d'une variation de masse volumique [10].

En effet, l'air chaud et froid ont des masses volumiques différentes et l'air chaud est plus léger

que l'air froid: l'air chaud est donc poussé dans la cheminée par l'air de température strictement inférieure, et s'élève ainsi. Par définition, le thermosiphon est un système de pompage des fluides (gaz ou liquide) basé sur la dilatation et la poussée d'Archimède.

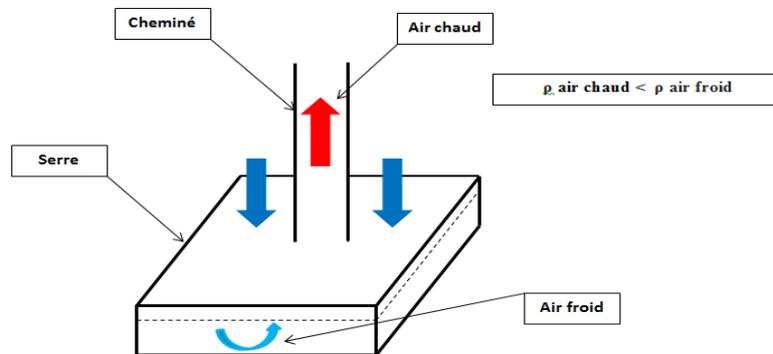


Figure (II-12): Schéma illustrant la circulation de l'air.

Un thermosiphon se compose d'une chambre de chauffage du fluide, d'une entrée basse et d'un conduit vertical (cheminée) positionné en haut de cette chambre. Le fluide chauffé s'élève et sort de la chambre par la cheminée et aspire alors le fluide froid sortant du conduit bas.

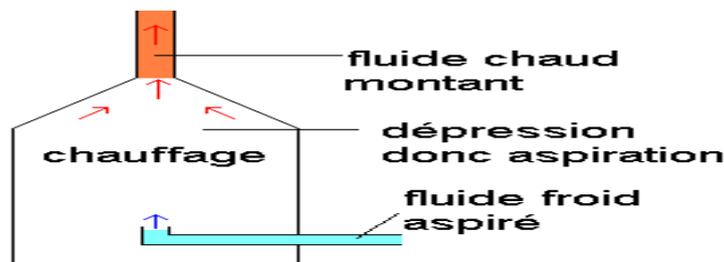


Figure (II-13): Schéma illustrant le principe de fonctionnement d'un Thermosiphon.

Dans notre étude, la chambre de chauffage du fluide est la serre qui permet de chauffer l'air froid entrant. L'entrée basse est donc représentée par les ouvertures d'air situées entre le socle et la serre et le conduit vertical est donc la cheminée.

Le principe du thermosiphon est utilisé dans les installations de chauffage et de production solaire. Le déplacement du fluide caloporteur s'effectue uniquement grâce à la convection. Un fluide caloporteur est un fluide chargé de transporter la chaleur entre deux ou plusieurs sources des températures. De plus, la convection naturelle est un phénomène de la mécanique

des fluides qui se produit lorsqu'une zone change de température et qu'elle se déplace alors verticalement sous l'effet de la poussée d'Archimède. Le changement de température d'un fluide influe en effet sur sa masse volumique, qui se trouve modifiée par rapport à la masse volumique du fluide environnant. De tels déplacements s'appellent des mouvements de convection. Nous remarquons que toutes ces explications théoriques sont spécifiques à notre fonctionnement de cheminée tour solaire. Ainsi, le phénomène de thermosiphon est donc indispensable à tout bon fonctionnement de cheminées solaire.

II.5 Le prototype de Manzanares

Une tour expérimentale a été construite en 1982 par le bureau d'étude allemand Schlaich Bergermann & Partners. 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 m² de vitrages à 2 m au-dessus du sol) et permettant de chauffer l'air. Sa puissance était de 50 KW (*Figures II.14 et II.15*).



Figure II.14 La Cheminée solaire Manzanares.



Figure (II-15): Structure de La Cheminée solaire Manzanares

II.6 Les trois projets actuels de Tours Solaires

II.6.1 Le projet australien

Un projet de tour solaire, appelé Projet de Buronga, est actuellement développé en Australie par la société « Enviromission ». La cheminée aurait 990 mètres de hauteur, 70 mètres de diamètre (*Figure II.16*).

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 centraux solaires existants sous 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 couté3, 2 €/W, soit 1,6fois plus. Le kWh fournir est errait néanmoins toujours cinq fois, plus cher que l'électricité de charbon, qui représente 95% de la production en Australie [11].

Specifications du projet

- ✓ Une cheminée de 990 m de haut.

- ✓ Un collecteur de 7 km de diamètre, soit $38,5 \text{ km}^2$ 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 (54km/h).
- ✓ 32 turbines.
- ✓ Puissance produite: 200MW .



Figure (II-16): La Cheminée Solaire Australienne

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.

II.6.2 La Cheminée Solaire Espagnole

Un projet ambitieux en Espagne prévoit l'installation d'une tour solaire de 750 mètres, dans la localité de Fuente el Fresno, un village de la Province de Ciudad Real et les travaux devraient être menés en collaboration avec des entreprises espagnoles. Cette tour de 750 mètres de hauteur serait dès lors la plus haute de ce genre et aurait un diamètre de 3km de serre couvrant 350 hectares dont 250 hectares pourraient être utilisés pour la culture de légumes sous serre. La vitesse de l'air à l'intérieur de la cheminée serait de 12m/s (Figure II-20) [10].

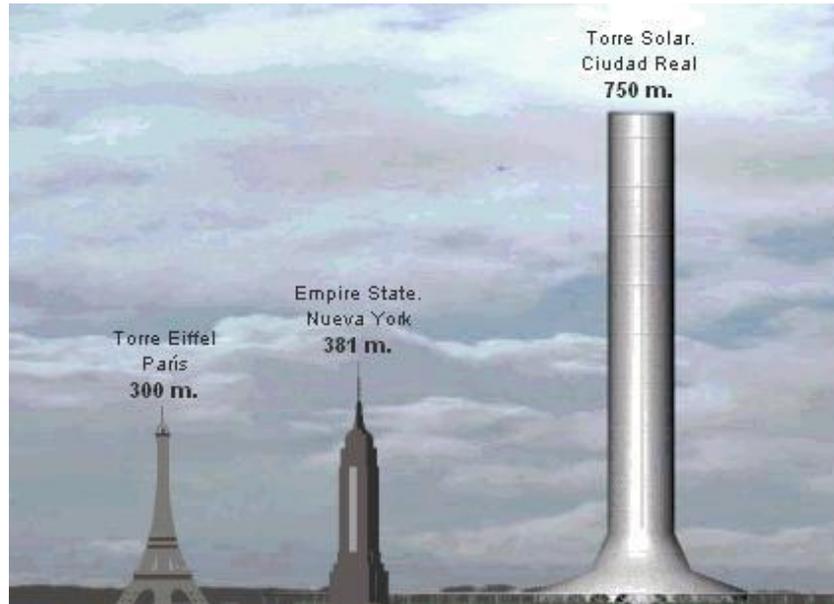


Figure (II-17): La Cheminée Solaire de Ciudad Real

Specifications du projet

- •Une cheminée de 750 m de haut.
- •Un collecteur de 3 km de diamètre, couvrant 350 hectares, dont 250 hectares pourraient être utilisés pour la culture de légumes sous serre.
- •Vitesse de l'air dans la cheminée : 43 km/h.
- •Puissance de l'installation : 40 MW, soit la demande en électricité d'environ 120 000 personnes.
- •Coût du projet : 240 millions d'euros.

II.6.3 La Cheminée Solaire Namibienne

Cette tour solaire, baptisée Green Tower sera d'1,5 km de hauteur et de 280 mètres de diamètre et va fonctionner en générant un courant d'air ascendant, produisant 400 MW d'électricité. La superficie de la serre sera de 38,5 km² (7 km de diamètre) et d'un coût total prévu 01 milliard de dollars (*Figure II.18*) [7].

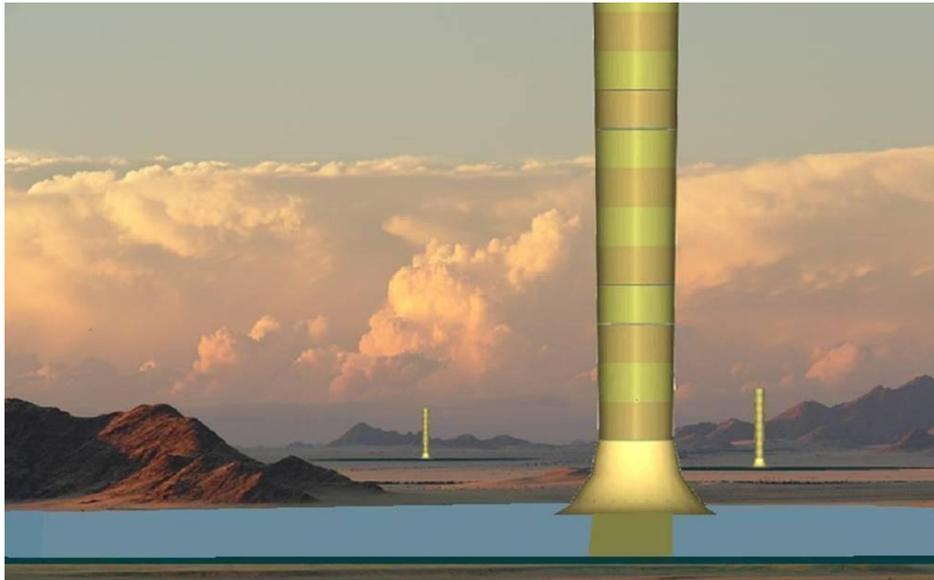


Figure II.18 La Cheminée Solaire Namibien.

II.7 Conclusion

Les centrales électriques fonctionnant avec des Cheminées Solaires peuvent apporter une contribution importante à la fourniture et à la production d'électricité en Afrique, Asie, Australie et dans les déserts comme celui du Nevada aux USA, parce qu'il y a plein d'espace et de soleil disponibles

Les Tours Solaires sont très importantes pour le futur, parce que nos ressources sont limitées, excepté le soleil.

Chapitre III

Polyéthylène

En 1900 : la condensation d'éthylène par diazométhane

En 1913: polymérisation d'éthylène en utilisant des halogènes métalliques comme catalyseurs, mais la masse moléculaire du produit fini restait très faible.

En 1937 : premiers modèles et démarrage des études sur les procédés autoclave et tubulaire.

En 1939 : la première unité de fabrication fut achevée et mise en exploitation en septembre.

En 1950 : Le professeur Ziegler découvre les catalyseurs susceptibles de polymériser l'éthylène aux pressions courantes.

Dans les années 1970, les pouvoirs publics européens ont été confrontés à un problème de santé publique lié à l'emploi des matériaux thermoplastiques dans le domaine de l'alimentaire. La législation n'étant pas adaptée, les pays européens modifièrent alors tour à tour leur propre législation. La diversité des législations européennes obligeait les industries de l'emballage à demander de nombreuses autorisations et à adapter leurs matériaux à chaque pays, au nom de la sécurité du consommateur et de la protection de l'environnement.

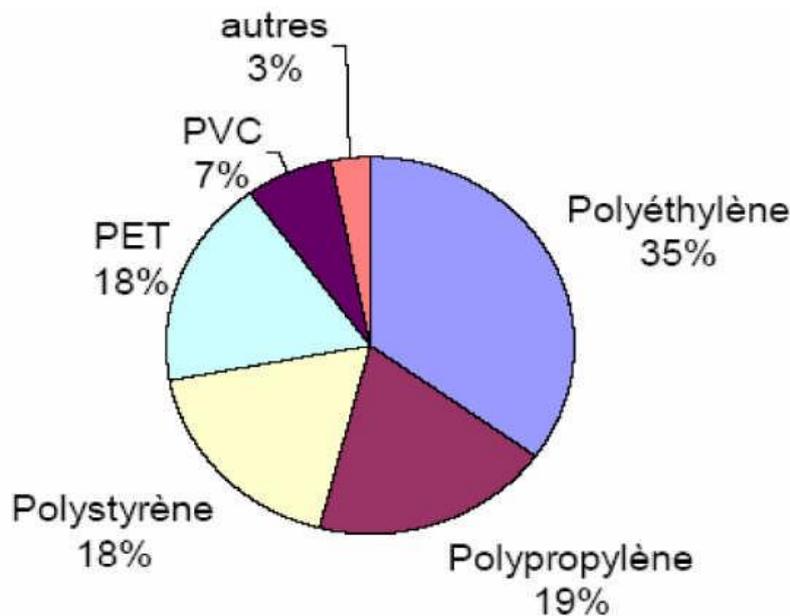


Figure III. 2 Principaux polymères sur le marché de l'emballage alimentaire (SPMP1 2007)

1 SPMP : Syndicat des Producteurs des Matières Plastiques.

En 1978 : Commercialisation à grande échelle du **PEbd** linéaire.

En 1982 : La production mondiale de **PEbd** (radicalaire) dépasse 18 millions de tonnes par an et celle du **PEbd** est supérieure à 10 millions de tonnes.

En 2000 : La production mondiale de Polyéthylène est de l'ordre de 20 millions de tonnes.

En 2001 : Aux états unis (USA) plus de 5 millions de tonnes de polyéthylène sont transformés en film chaque année.

En Europe, l'industrie française de l'emballage thermoplastique occupe le deuxième rang derrière l'industrie allemande. Aujourd'hui, ce secteur représente plus de 40% des volumes de la plasturgie.

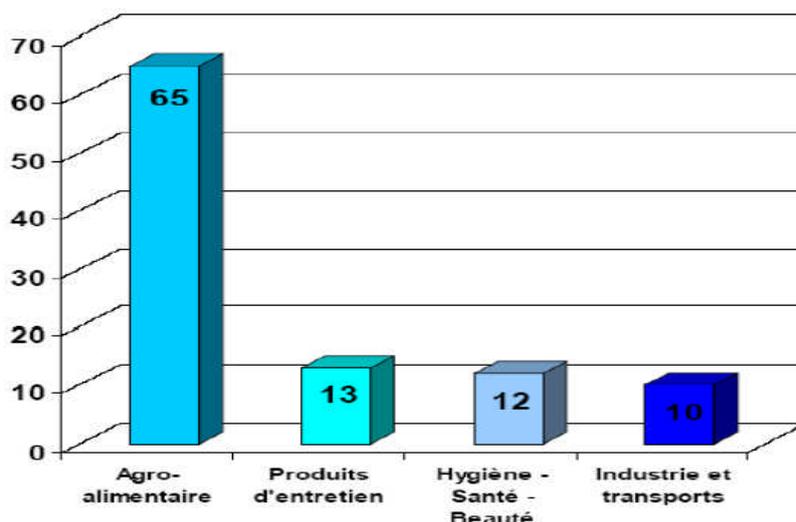


Figure III.3 : Les secteurs clients de l'industrie d'emballage thermoplastique (CSEMP 2007).

1 CSEMP : Chambre Syndicale des Emballages en Matières Plastique.

III.2.1.1 Les propriétés du polyéthylène

En général, les méthodes industrielles ne conduisent pas un édifice architectural parfaitement régulier, constitué de motifs structuraux indiques. Certains actes chimiques qui font parties intégrantes du mécanisme de polymérisation (terminaison, transfert au monomère ou au polymère, etc.) sont à l'origine de structure irrégulière, introduite selon le cas dans la chaîne ou à ses extrémités. La transformation (extrusion, injection, etc.) s'accompagne toujours d'une dégradation thermique limitée, qui crée de nouvelles structures « anormales ». Ces irrégularités peuvent influencer, directement ou indirectement, les propriétés physiques ou chimiques du polymère.

En effet la résistance à la rupture est directement liée à la concentration en bout de chaînes. Elles représentent des amorces certaines au phénomène de rupture. En plus elles s'opposent à la cristallisation. Par conséquent, les extrémités de chaînes jouent un rôle fondamental dans les propriétés mécaniques.

III.2.1.2 Propriétés Physico-chimiques

Le mode de cristallisation du polyéthylène conduit à des taux de cristallisation plus ou moins faible. Il sera d'autant plus difficile à cristalliser que le polymère est ramifié.

Les ramifications empêchent les réarrangements macromoléculaires.

Les propriétés physiques dépendent, de la cristallinité et de la masse moléculaire.

L'aspect des polyoléfines en général et du polyéthylène en particulier, est blanc laiteux, cireux au touché. Ils sont opaques en fortes épaisseurs et transparents en film. Ils sont assez perméables aux hydrocarbures et aux essences.

Le polyéthylène présente une stabilité chimique, en d'autres termes une très bonne résistance aux acides faibles, aux bases faibles et fortes, une résistance moyenne pour les acides non oxydants et les solvants organiques. Il est insoluble dans l'eau et particulièrement adaptable à l'utilisation alimentaire (pas de toxicité). Par contre, il est très sensible aux radiations Ultraviolet. Ses propriétés électriques sont excellentes. Récapitulatifs des principales caractéristiques [13, 14]

Densité (%)	0,910 à 0,935.
Aspect extérieur	Rappelant la paraffine.
Température de fusion	105 à 115 °C.
Tenue à la chaleur	Max à 90 °C (jusqu'à 110-120 °C pour PEhd).
Tenue au froid	Min -50 °C.
Conductivité thermique	0,35 W/m K (PE bd) et 0,45-0,50 (PEhd).
Coefficient de dilatation linéaire	110-130 10 ⁻⁶ K ⁻¹
Il possède également des propriétés de flexibilité et de résistance au choc.	
Il est caractérisé par une grande facilité de mise en œuvre.	
Il brûle sans dégagement de fumée toxique.	

III.2.1.3 Propriétés mécaniques

Comme la structure du matériau **PE** se compose de Zones cristallines sous forme de plans lamellaires dans lesquels les chaînes moléculaires sont orientées perpendiculairement à ces plans, sous forme de replis, elles sont séparées entre elles par les zones amorphes. Des molécules liens inter-cristallites passant à travers les zones amorphes, les relie entre elles [15].

Ces molécules liens jouent un rôle prépondérant dans les caractéristiques mécaniques de PE, car elles sont ancrées en zones cristallines.

Elles transfèrent les efforts entre les parties cristallines adjacentes. Elles supportent des niveaux de contraintes élevés et peuvent se rompre durant la déformation.

L'extensibilité des polymères semi-cristallins en général, et celle du polyéthylène en particulier, est reliée au nombre de chaînes moléculaires repliées dans la zone cristalline, car seules les chaînes fortement repliées sont capables de subir de grandes déformations [16].

Les déformations plastiques qui en résultent impliquent la déformation, le déplacement et la Réorientation des différents éléments structuraux tels que les segments de chaînes [17].

Les caractéristiques mécaniques de ce matériau sont intéressantes et peuvent même rivaliser avec les matériaux dits classiques [18] :

- _ Caractéristiques mécaniques en traction 200 à 400 **MPa**.
- _ Caractéristiques mécaniques en compression 150 à 200 **MPa**.
- _ Caractéristiques mécaniques en flexion 100 à 150 **MPa**.
- _ Allongement 200 à 650 %.
- _ Bonnes résistances aux chocs.

Enfin le PEbd présente une grande variété au niveau de la structure moléculaire et de la morphologie cristalline. Les propriétés intrinsèques du PEbd, données dans le tableau II.1, dépendent de trois facteurs essentiels [19] :

1. La cristallinité
2. La masse moléculaire
3. La répartition moléculaire

	Propriétés	Normes	PEbdr	PEbdl	Unités
Physiques	Masse volumique	NFT 51-063	915 à 935	917 à 940	Kg/m ³
	Indice de fluidité	NF T 51 -016	0,2 à 70	3 à 8	g/10min
	Absorption d'eau	FT 51 -002 <	< 0,03	< 0,03	%
	Perméabilité x 10 ⁶			//	m ² / (Pa.s)
	H2O		4.3	//	Moins
	O2		0.2	//	Perméable
Mécaniques	CO2		0.7	//	que PEbdr
	N2		0,06	//	
	Contrainte rupture	NF T 51 -034	9 à 23	13 à 24	Mpa
	Allongement rupture	NF T 51 -034	150 à 1000	600 à 1200	%
	Module traction	NF T 51 -034	200 à 500	220 à 600	Mpa
	Module flexion	NF T 51 -034	60 à 400	//	Mpa
Thermiques	Résistance aux chocs		350 à 1000	48 à 63	MJ/mm ²
	Dureté Shore	NF T 51 -109	40 à 47	//	//
	Température de fusion	NF T 51 -621	110 à 120	90	°C
	Température maximale		80 à 85 °C	//	°C
	Capacité thermique		3200	//	USI
	Conductibilité thermique	ASTMC177-76	0,35	//	USI
Electriques	Coefficient de dilatation	ASTMD696-70	2,3 10 ⁻⁴	//	USI
	Retrait moulage		1.5 à 3.5	//	%
	Permittivité à 1 MHz	NF C 26 -230	2,28 à 2,3	2,28 à 2,3	//
	Rigidité diélectrique	NF C 26 -225	≅65	≅65	KV/mm ²
	Résistivité transversale	NF C 26 -225	1018	1018	W.cm

Tableau III.1 Ordres de grandeurs des propriétés du PE [19].

III.3 Structures moléculaires des polymères solides

Un polymère est un matériau composé de longues chaînes moléculaires appelées macromolécules.

Dans ces macromolécules, un motif, le monomère est répété un grand nombre de fois. A l'échelle macromoléculaire, les polymères ont essentiellement deux structures différentes. L'état amorphe qui est caractérisé par une structure de type pilote statistique (**Figure I.4**), dans laquelle on ne distingue aucun ordre à grande échelle. L'état cristallin qui lui est caractérisé par un ordre à grande distance (Figure III.5) polymères ont essentiellement deux structures différentes



Figure III.4 Schématisation de la structure type d'une pelote statistique [20].

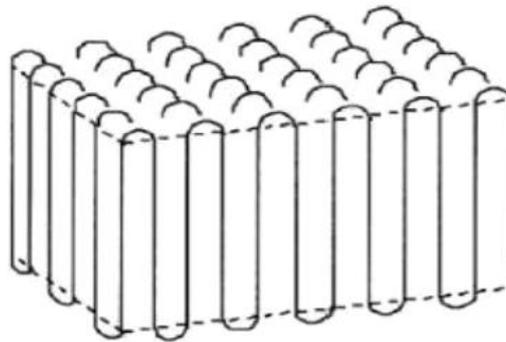


Figure III.5 Schématisation du repliement des chaînes dans un monocristal [21].

III.4 Structure amorphe

Les zones dites « amorphes » correspondent à une structure comparable à celle des liquides caractérisée par l'absence d'ordre à grande distance. Il n'y a pas de distance constante entre les macromolécules et aucune régularité dans l'arrangement et l'orientation de celles-ci dans des zones submicroniques. Les macromolécules peuvent former des points d'enchevêtrement physiques qui sont inévitables à partir d'une certaine longueur des chaînes moléculaires, très souvent atteinte dans les polymères commerciaux. La longueur des segments entre les enchevêtrements est en général suffisamment grande pour que les segments se comportent comme des chaînes individuelles. Les segments de chaînes sont capables de créer une certaine mobilité moléculaire si des espaces libres sont régulièrement distribués dans tout le volume du matériau. Ces espaces constituent le volume libre du matériau qui détermine la mobilité des macromolécules et l'aptitude du polymère à changer de conformation.

III.5 Structure semi –cristalline

Sous l'influence de certaines actions physiques, des zones ordonnées, suivant un réseau périodique, pourront apparaître au sein du polymère.

Dans ces zones dites cristallines les chaînes resteront parallèles les unes aux autres, et entre elles établiront un réseau d'interactions transversales qui maintiendra la solidité de la

structure. Du fait de l'existence des enchevêtrements entre les chaînes qui se conservent dans le solide pendant la formation des zones cristallines, la régularité du parallélisme des chaînes se trouve limitée à des portions restreintes des longueurs de celles-ci. Les domaines cristallins, dans l'impossibilité où ils se trouvent alors de croître jusqu'à occuper la totalité de la masse du polymère, restent de dimension limitée.

La morphologie semi-cristalline se présente localement comme un ensemble de lamelles cristallines, séparées entre elles par une phase amorphe (**Figure III.6**). Les deux phases sont liées entre elles par des segments de chaînes macromoléculaires appelés molécules de lien, car ces dernières peuvent participer à la formation de plusieurs lamelles cristallines en même temps [16]-[17].

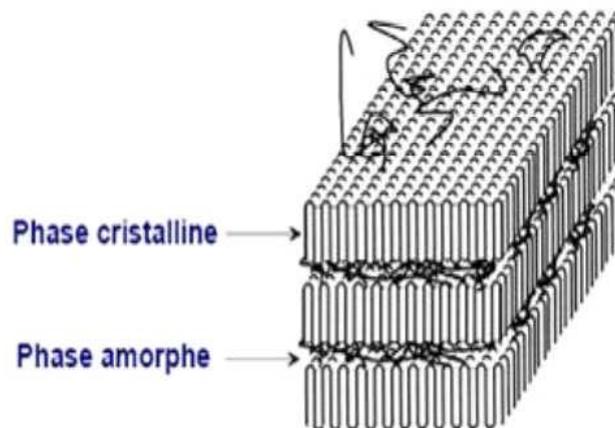


Figure III.7 Structure d'un polymère semi-cristallin.

III.6 Relation entre les propriétés mécaniques et physiques des polymères solides

Les propriétés physiques et mécaniques des polymères présentent un certain nombre de particularités qui découlent de leur structure macromoléculaire et de l'organisation Supramoléculaire. A partir d'une variété très restreinte d'atomes, l'assemblage de l'unité monomère de quelques dizaines de milliers à quelques millions de fois peut donner naissance à une variété quasi-infinie de matériaux. La microstructure finale résultant de l'assemblage dépend de paramètres tels que [22] :

- la nature du monomère, et en particulier la nature et l'encombrement stérique des groupes latéraux, · le poids moléculaire et la polydispersité résultant de la polymérisation.
- la linéarité de la macromolécule, · la présence ou non de réticulation. L'aptitude des macromolécules à former une structure régulière ne dépend pas seulement de l'encombrement stérique des groupes latéraux, mais également de leurs interactions électromagnétiques, de la

cinétique de formation du solide (vitesse de polymérisation et/ou réticulation, vitesse de solidification du fondu...). L'ordre ainsi obtenu couvre une large plage qui va des polymères amorphes (absence d'ordre à l'échelle moléculaire) à des structures possédant un degré de cristallinité tel que la mise en œuvre devient difficile. La très grande majorité des polymères à l'état solide possède un degré de cristallinité compris entre 0% (amorphes) et 80% [23].

Dans les polymères semi-cristallins à la température ambiante, la phase amorphe est souvent en dessus de la température de transition vitreuse T_g , et que pour exister, la phase cristalline doit être en dessous de sa température de fusion T_f . Les mécanismes de déformations affectant ces deux phases sont différents et peuvent interagir. En dehors de la température et de la vitesse de déformation qui est des paramètres extérieurs à la structure influençant directement la cinétique de déformation, cette dernière dépend de l'organisation supramoléculaire. Si les phases amorphes et cristallines ont chacune des mécanismes de déformation qui leurs sont propres, la nature et la cinétique de ces mécanismes dépendent du degré d'interaction macromoléculaire. L'interaction est largement dépendante de la nature des liaisons dans la phase considérée (liaisons physiques, ou chimiques en cas de réticulation) et du degré d'interpénétration des macromolécules, en particulier par le biais du nombre d'enchevêtrements, et dépend des masses des macromolécules qui suit une distribution statistique [24].

Dans le cas des polymères amorphes non-réticulés où les propriétés mécaniques résultent directement des interactions supramoléculaires, l'obtention de propriétés mécaniques significatives est bien entendu subordonnée à l'utilisation de macromolécules d'un poids moléculaire supérieur à la masse critique entre enchevêtrements [25].

Pour les polymères semi-cristallins, partant d'une macromolécule donnée, le degré de cristallinité et la taille des régions cristallines résultent des conditions de mise en œuvre.

La vitesse de refroidissement et le gradient de température dans le moule jouent un grand rôle dans la construction de la structure finale du solide. Ainsi les mécanismes de déformation du matériau dépendent dans une large mesure des conditions de la mise en œuvre [26].

III.7 CONCLUSION

Le champ d'utilisation des polyéthylènes est devenu de plus en plus vaste. Ceci, est dû aux diverses propriétés acquises par ce polymère et surtout à ses excellentes propriétés : dureté, souplesse, résistance du film à l'usure et aux fluides, stabilité chimique et sa bonne résistance aux rayonnements ultraviolets, à la température et à l'humidité. Parmi les différents domaines qui nécessitent cette utilisation, on trouve le domaine de l'industrie agriculture surtout pour la couverture de serre, et pour la protection. Mais dans un souci de durabilité des propriétés du polyéthylène dans les conditions rudes de l'environnement, il est nécessaire de connaître au préalable le comportement à long terme de ce genre de produit.

Chapitre IV

Résultats et discussions

IV.1 Introduction

Actuellement plusieurs projets de fabrication de cheminées solaires à petites échelles sont expérimentée à travers le monde fin d'étudie et d'optmiser 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 le projet Iran qui a donnés des résultats très encourageants malgré une divergence de conception.

IV.2 Prototype de Téhéran (Iran)

Dans un objectif expérimental, une cheminée solaire à petite échelle a été construite à l'Université de Teheran [27].



.Figure IV.1 Cheminée solaire de Téhéran

IV.2.1 Structure et composants

- **La Cheminée:** La hauteur et le rayon de la cheminée sont respectivement de 2 m et 20 cm, Elle est construite à partir de polycarbonate d'une épaisseur de 4 mm.
- **Le collecteur :** Le diamètre et l'angle du capteur solaire sont respectivement de 03m 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.

IV.3 Prototype confectionné :(prototype de Tiaret)

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

IV.3.1 Structure et composants

- **La Cheminée :**

La Cheminée est d'une longueur de 6 m et 10 cm de diamètre fabriquée en PVC vu sa solidité et sa maniabilité en cas de modification ainsi que sa bonne résistivité thermique. Le tube (Cheminée) est fixé sur un support fabriqué en acier qui est à son tour fixé sur une planche en bois comme le montre la figure IV.2 ci-dessous:

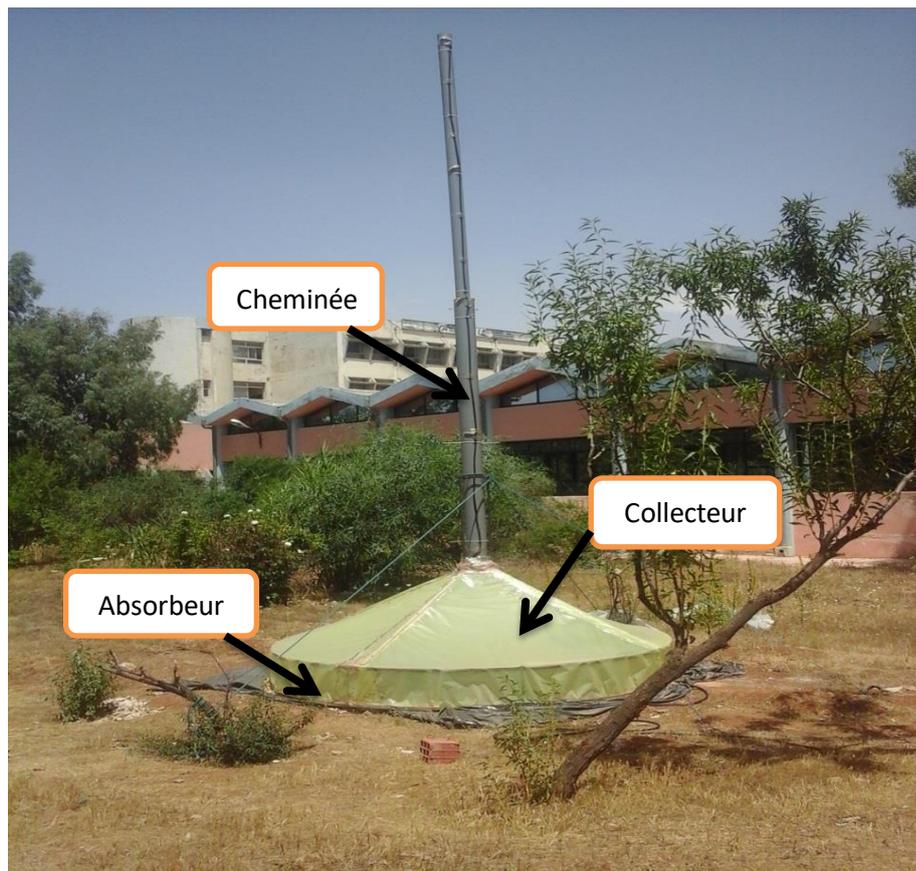


Figure IV.2 Prototype de la cheminée solaire installé à l'université de Tiaret

- **Le collecteur :** Le diamètre et l'angle du capteur solaire sont respectivement de 03m et 45° , le polyéthylène ont été utilisés en tant que matériau de toiture du collecteur

IV.4 Paramètre étudiées

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

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

- Première variante : le collecteur avec cinq ouvertures en même côté.
- Deuxième variante : Collecteur avec trois ouvertures.
- Troisième variante : Collecteur avec une seule ouverture.
- Quatrième variante : Collecteur avec cinq ouvertures et changement de l'absorbeur (bache noir)

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

- T_a : Température ambiante ($^{\circ}\text{C}$)
- T_e : Température à l'entrée du collecteur ($^{\circ}\text{C}$)
- T_{cc} : Température au centre du collecteur ($^{\circ}\text{C}$)
- T_{ec} : Température à l'entrée de la cheminée ($^{\circ}\text{C}$)
- H : Humidité (%)
- V : Vitesse de l'écoulement à l'intérieur de la cheminée (m/s)

IV.5 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 capteurs, les trois capteurs furent positionnés à des endroits déterminants de la maquette (Figure IV.3).

Capteur 1 : Température ($^{\circ}\text{C}$) entrée du collecteur (T_e).

Capteur 2 : Température ($^{\circ}\text{C}$) de centre du collecteur (T_{cc}).

Capteur 3 : Température ($^{\circ}\text{C}$) dans la cheminée (T_{ec}).

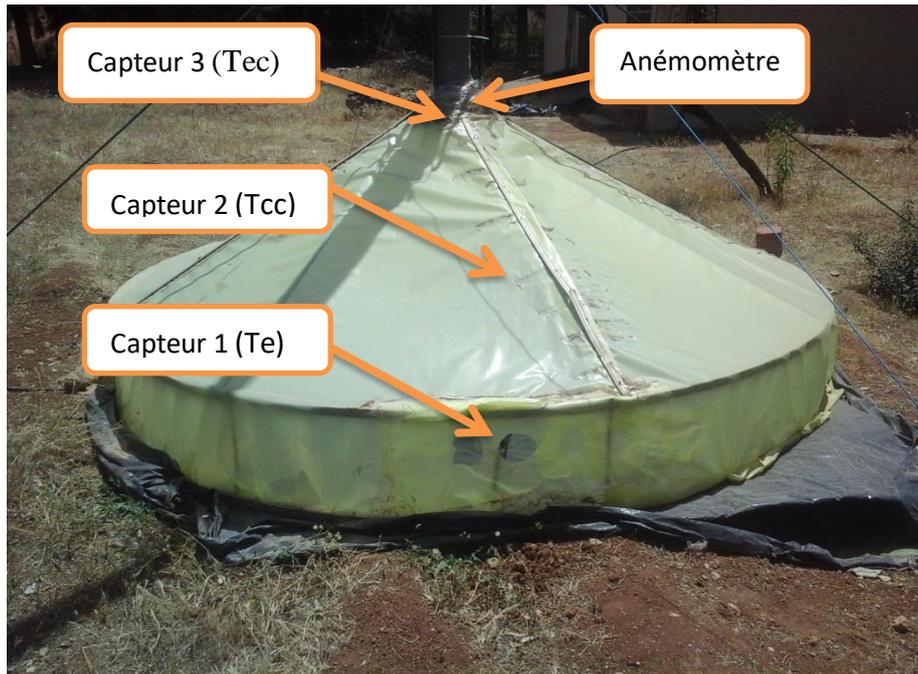


Figure IV.3 Emplacement des Capteurs ainsi que l'Anémomètre

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 permettant de faire des mesures au dixième de mètre par seconde (Figure IV.4).



Figure IV.4 Anémomètre

IV.6 RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.6.1. Introduction

Le prototype de << cheminée solaire >> conçu par nos soins mais inspiré par d'autre prototype, Ce prototype a été installé au niveau de la faculté et suivi durant les jours de mars et de mai. A ce sujet, il faut signaler la coïncidence avec des perturbations atmosphériques essentiellement le vent et le passage de nuages durant une période de la journée.

Pour cette expérimentation, nous avons considéré quatre variantes à partir des quelles et par comparaison avec ces résultats, nous tirerons des conclusions en matière de performance de la cheminée solaire.

Les différentes mesures ont été réalisées de **9 h 00** à **15 h 00** avec des pas de temps de 30 minutes.

IV.6.2. Résultats en fonction de la première variante

Pour cette première expérience, nous avons procédé à aucune modification du système et après on change l'absorbeur de polyéthylène noire.

Ne sachant pas quel était le nombre d'ouvertures ainsi que le diamètre d'ouverture du collecteur optimales pour l'admission d'air, nous avons opté pour cinq ouvertures.

Les résultats obtenus attestent d'une vitesse d'écoulement acceptable mais variable au cours de la journée oscillant entre 1,7 et 2,9m/s (**figure IV.5**).

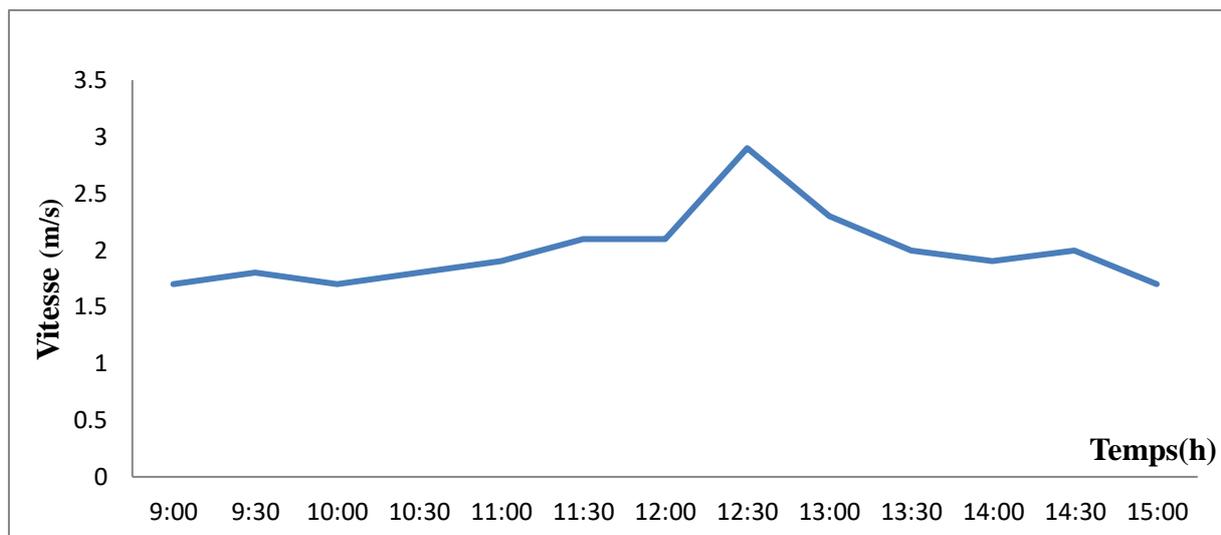


Figure IV.5 Vitesse d'écoulement en fonction du temps avec cinq ouvertures.

Les résultats indiquent une vitesse d'écoulement au point de départ de **1,7 m/s** à **09h00** Et **2,1** vers **11h30** ,Et connaît une baisse jusqu'à la valeur de **2,2** m/s. La valeur maximale de **2,9** m/s est atteinte à **12h30** , puis l'on assiste à une régression jusqu' au point final à **15h00** pour atteindre la valeur de **1,6** m/s soit approximativement la valeur du point de départ.

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 (**Ta**), la température d'entrée du collecteur (**Te**), la température du centre du collecteur (**Tcc**) et la température d'entrée de la cheminée (**Tec**).

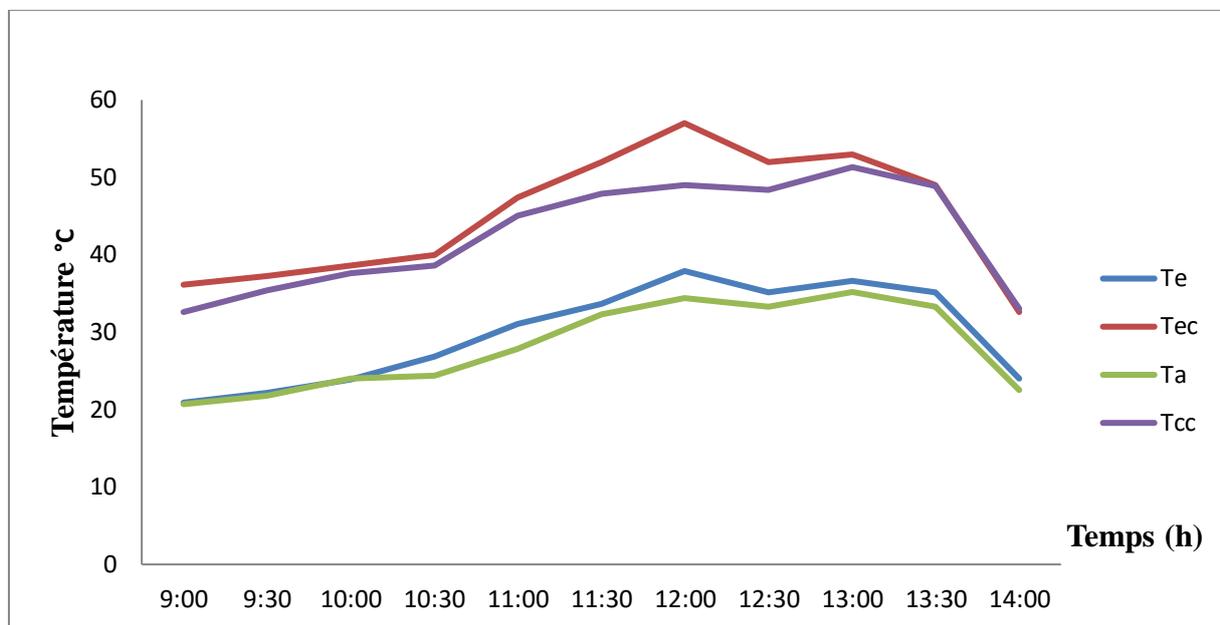


Figure IV.6 Températures en fonction du temps avec cinq ouvertures.

A partir des résultats obtenus (Figure IV.6), nous tirons les conclusions suivantes :

- Nous remarquons une augmentation significative des températures ambiantes 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 température culminent vers **12h00** et affichent les valeurs suivantes :
Ta = 34°C, Te = 38°C, Tcc= 49°C, Tec = 57°C.
- L'évolution de ces températures expliquant les liens qui existent entre-elles mais surtout leurs influences sur la cinétique de la vitesse d'écoulement.

Par ailleurs, l'humidité comme la température, suit une cinétique avec un point culminant vers **13h30** ou il atteint la valeur minimal de **9,4 %** (Figure IV.7)

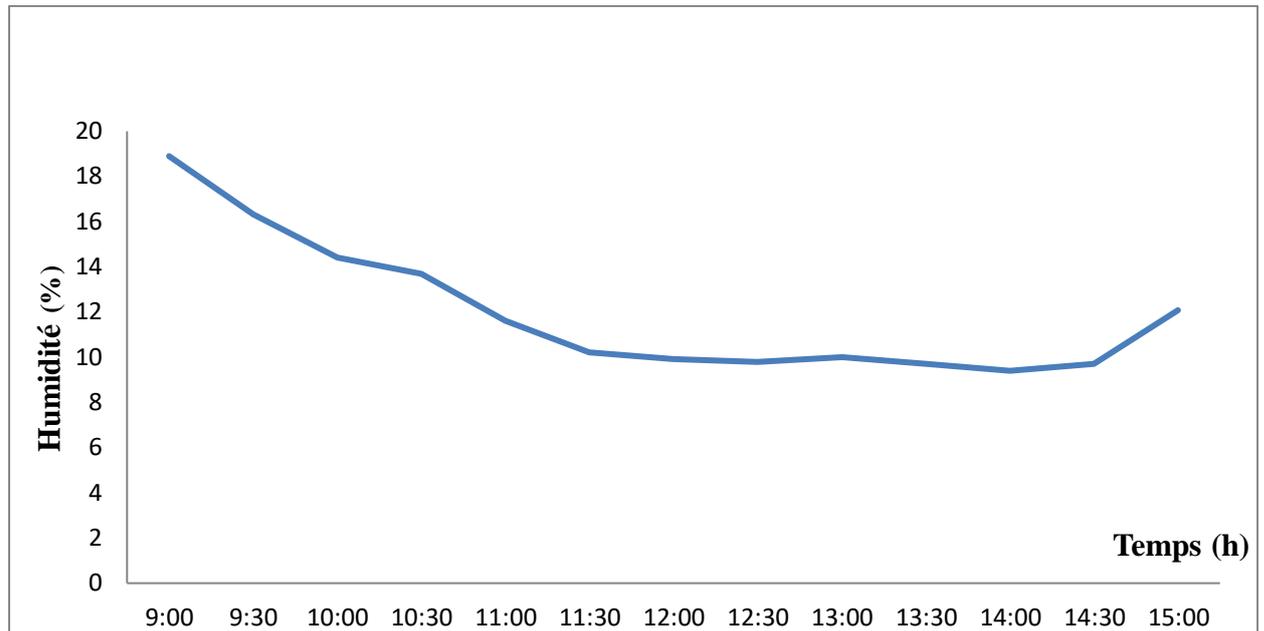


Figure IV.7 humidité en fonction du temps.

L'humidité à **10h00** est de **14,4 %** diminue d'une façon progressive avec le temps jusqu'à atteindre sa valeurs minimal de **9,4** vers **14h30** à partir de ce moment l'humidité commence à s'augment.

Les valeurs minimales obtenues entre **11h30** et **14h00** sont dues au passage de nombreux nuages qui ont couvertes le soleil. Ce faible humidité s'est aussi traduit durant cet intervalle de temps par une baisse significative des différent températures relevées à l'intérieur du collecteur (**figure IV.6**) et par conséquent sur la vitesse d'écoulement (**figure IV.5**)

IV.6.3 Résultats en fonction de la deuxième variante

Pour cette deuxième expérience, nous avons réduit à trois ouvertures de la cheminee soit trois sur les cinq possibles.

Les résultats obtenu attestent que la vitesse d'écoulement est acceptable, voire mieux que la premier variante, mais variables au cours de la journée oscillant entre **1,6** et **2,4 m/s** (**Figure IV.8**).

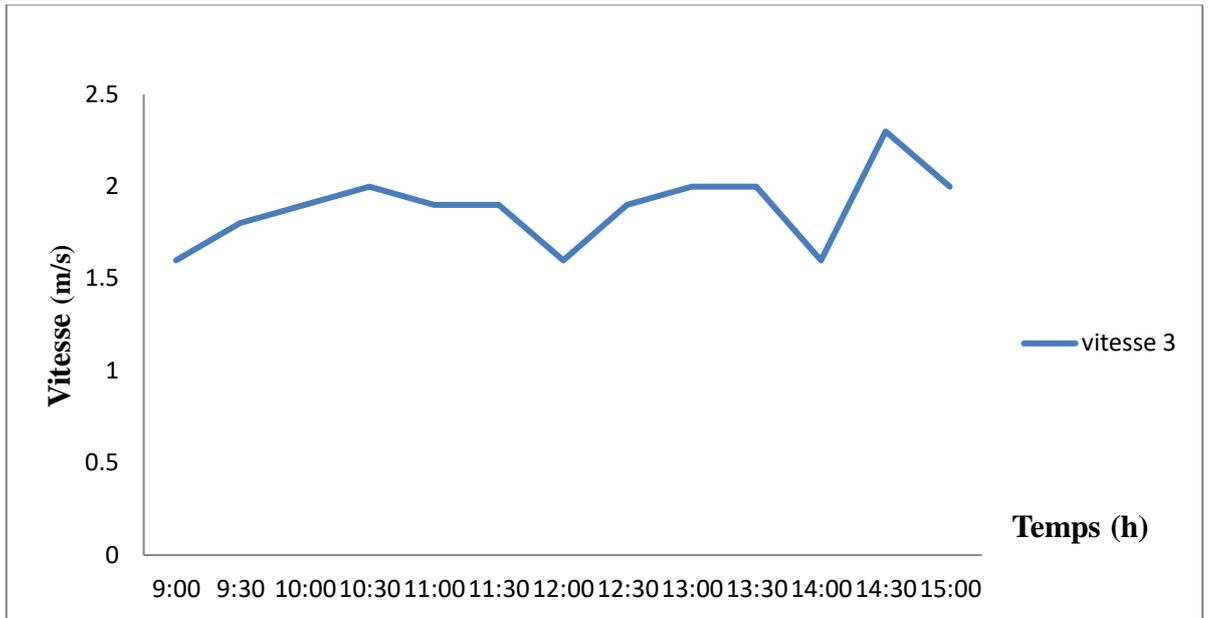


Figure IV.8 Vitesse en fonction du temps avec trois ouvertures.

L'écoulement à l'entrée de la cheminée débute avec une vitesse de **1,6 m/s** au début de l'expérience, soit **09h 00** et suit une progression jusqu'à atteindre une vitesse maximale **2,4 m/s** à **14h30** puis une amorce de baisse régulière jusqu'à atteindre la valeur de **2 m/s** à **15h00**.

Comme signalé précédemment, nous avons mesuré les quatre températures caractéristiques soit la température ambiante (T_a), la température d'entrée de collecteur (T_e), la température du centre du collecteur (T_{cc}), la température d'entrée de la cheminée (T_{ec}).

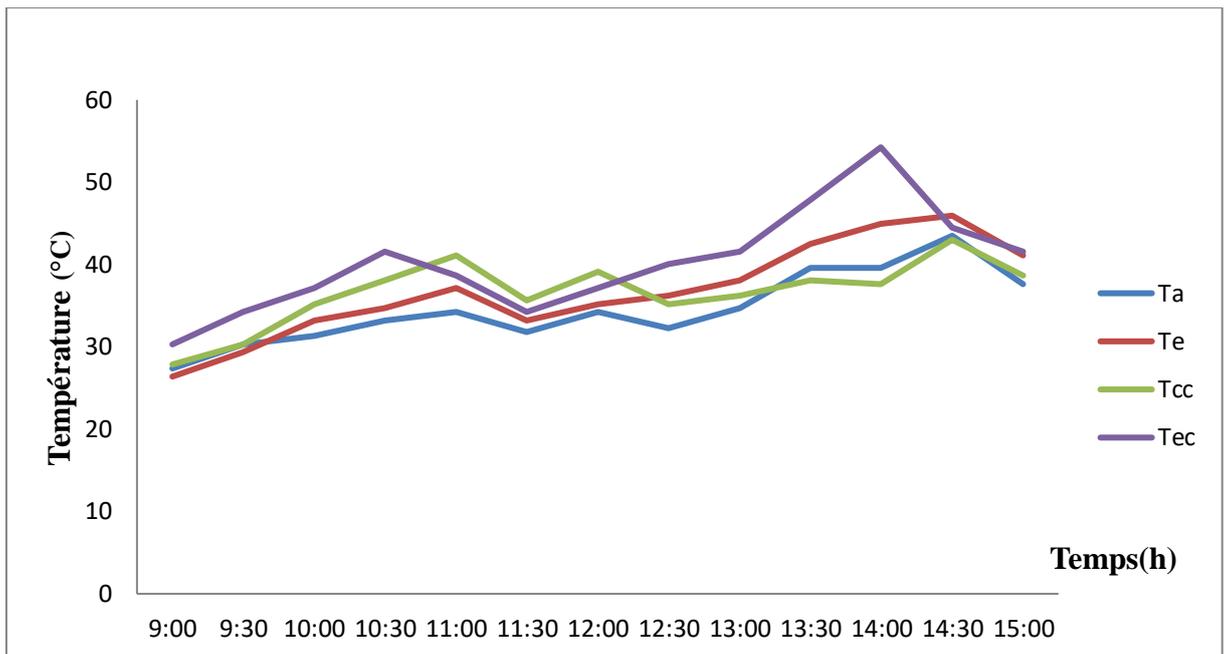
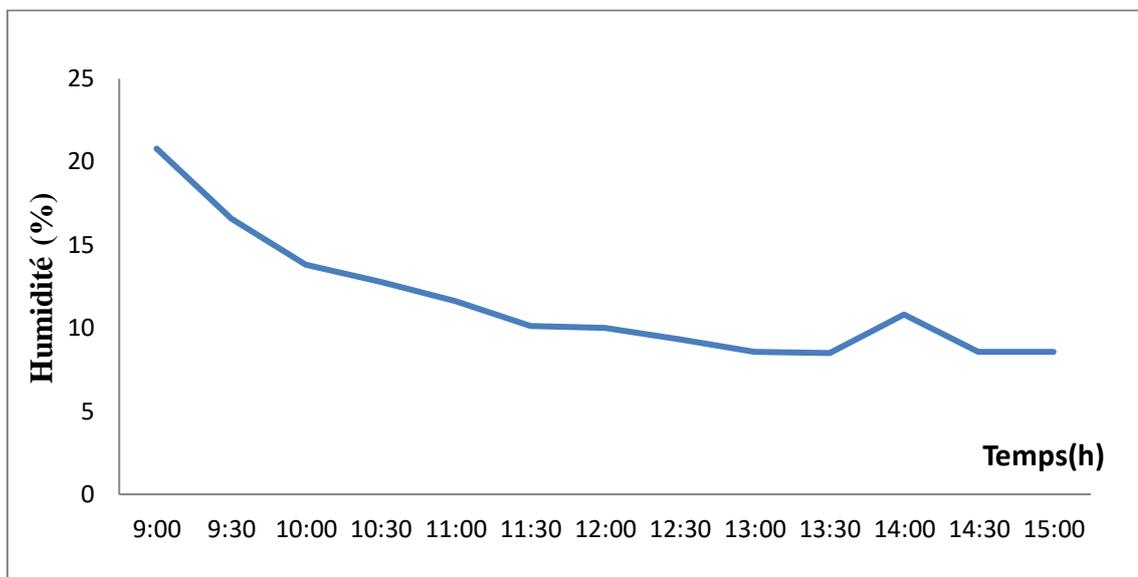


Figure IV.9 Différentes températures en fonction du temps avec trois ouvertures.

A partir des résultats obtenus (**Figure IV.9**), 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 :
 $T_a = 39,59^\circ\text{C}$; $T_e = 44,97^\circ\text{C}$; $T_{cc} = 37,63^\circ\text{C}$; et $T_{ec} = 54,25^\circ\text{C}$
- L'évolution de ces températures expliquent les liens qui existent entre- elle ,mais surtout leurs influences sur la cinétique de la vitesse d'écoulement.

La mesure de l'humidité durant la journée indique une diminution jusqu'à une température minimal de **8,5%** (**figure IV.10**)



FigureIV.10 humidité en fonction du temps.

L'humidité à **09h00** est de **20,8 %** diminue d'une façon progressive avec le temps jusqu'à à atteindre sa valeur minimale de **8,5%**, vers **13h00** ; à partir de ce moment l'humidité commence à augmenter

A ce niveau d'analyse, l'influence de l'humidité sur les températures ,puis sur la vitesse d'écoulement est confirmée. Par ailleurs, l'allure est parfaite de la courbe de l'humidité

IV.6.4 Résultats en fonction de la troisième variante

Pour cette troisième expérience, nous avons réduit les ouvertures, soit une sur les cinq possibles.

Les résultats obtenus attestent d'une vitesse d'écoulement est très faible par rapport aux deux précédentes variantes ; celle-ci, a oscillé entre **1,6 et 2 m/s** (**Figure IV.11**).

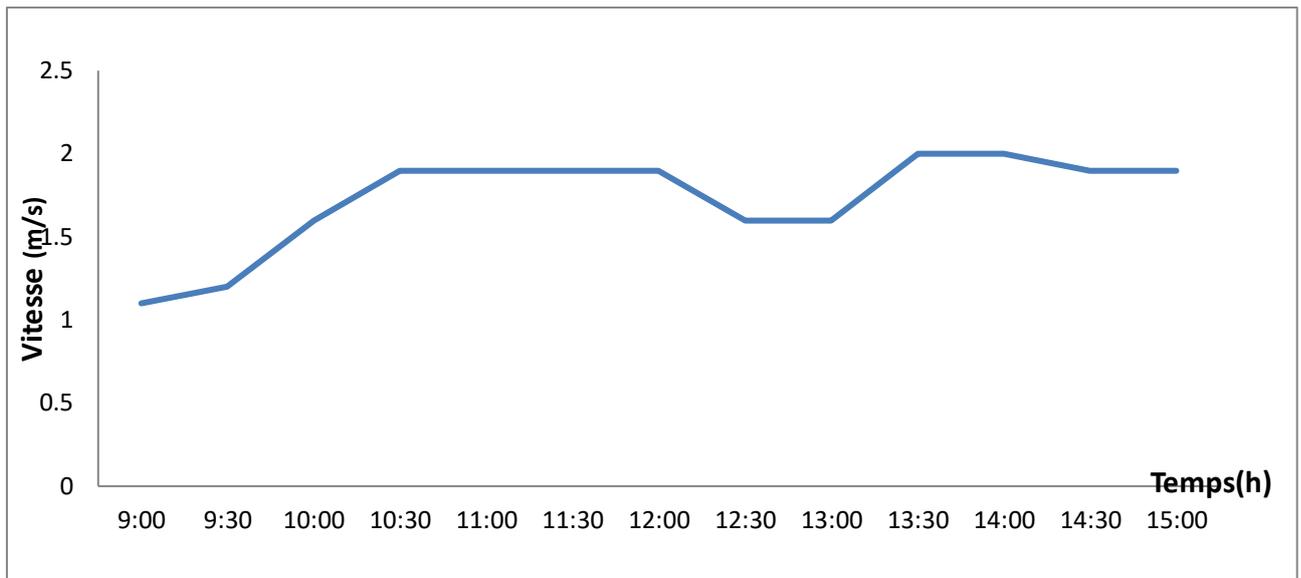


Figure IV.11 Vitesse en fonction du temps avec une seule ouverture.

L'écoulement à l'entrée de la cheminée débute avec une vitesse de **1,2m/s**, au début de l'expérience soit **09h00** et augment progressivement jusqu'à atteindre la valeur de **1,9m/s**, à **10h00**, t stabilise à **2 m/s** de **10h30** à **12h00** puis il diminue.

Comme signalé précédemment, nous avons mesuré les quatre températures caractéristiques soit (Ta) , (Te) , (Tcc) , (Tec)

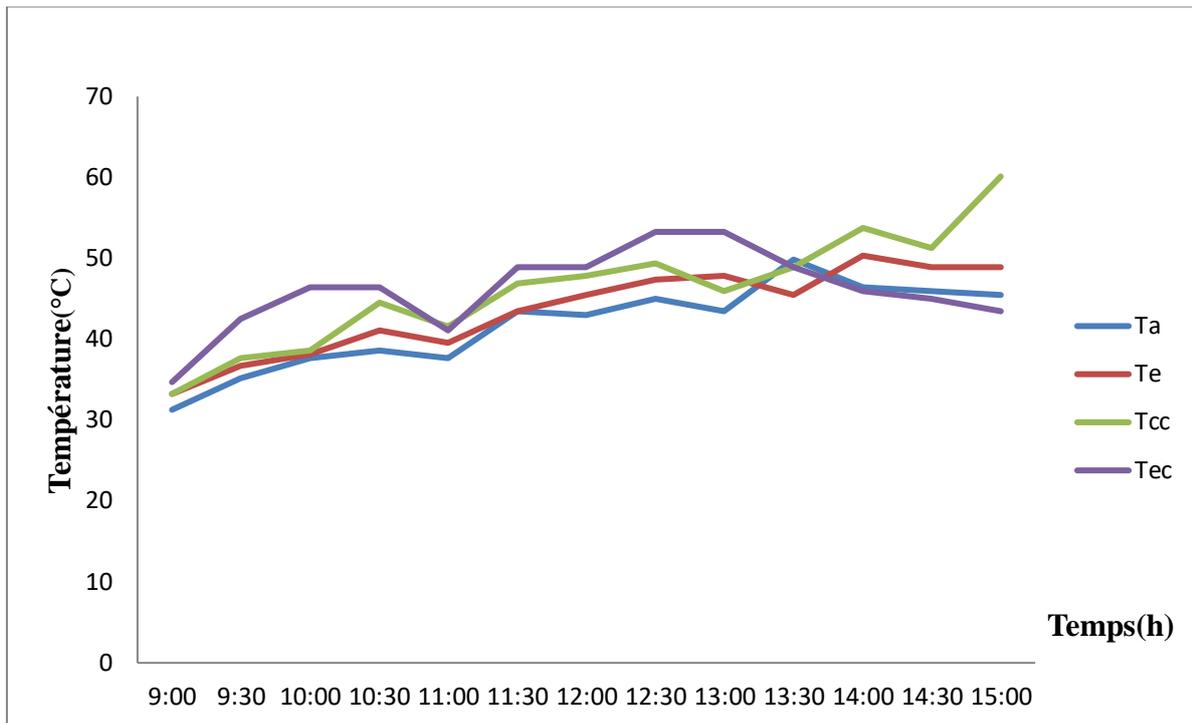


Figure IV.12 Différentes températures en fonction du temps avec une seule ouverture.

Des résultats obtenus (**Figure IV.12**), nous tirons les conclusions suivantes :

- Nous remarquons une augmentation significative de la température ambiante pour atteindre les maxima à l'entrée du cheminée en passant respectivement par la température d'entrée du collecteur et la température au centre du collecteur. Contrairement aux deux premières variantes, le gain en chaleur est plus important.
- Ces températures culminent vers **14h00** et affichent les valeurs suivantes :
 $T_a = 46,43^\circ\text{C}$; $T_e = 50,34^\circ\text{C}$; $T_{cc} = 53,76^\circ\text{C}$; $T_{ec} = 45,94^\circ\text{C}$
- L'évolution de ces température expliquent les liens qui existent entre elles, mais surtout leurs influences sur la cinétique de la vitesse d'écoulement.
 La mesure de l'humidité durant la journée indique une diminution de manière progressive (**Figure IV.13**).

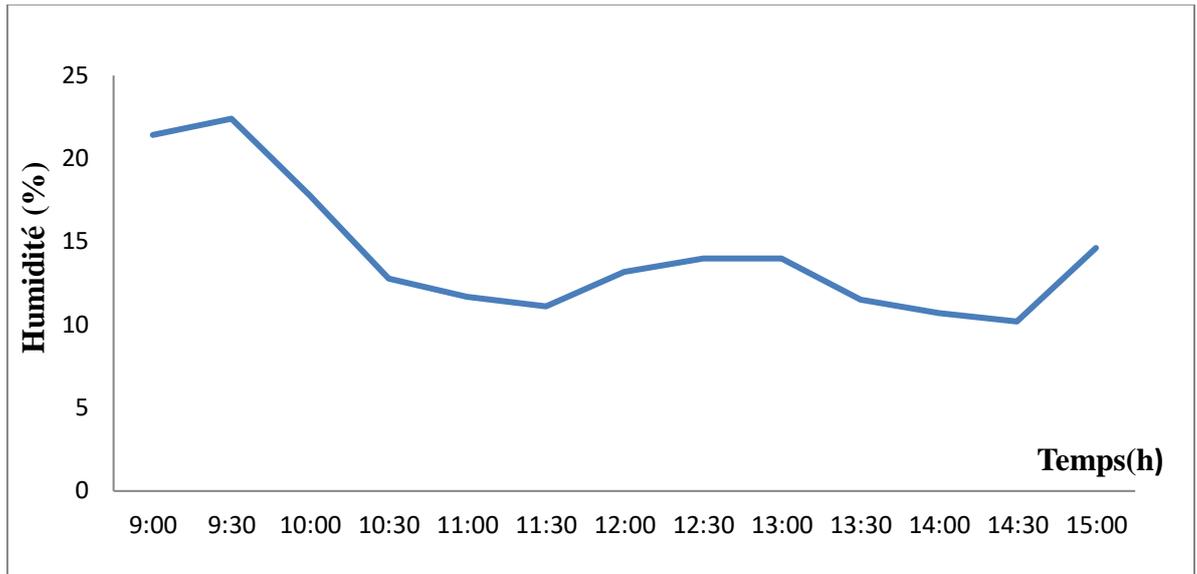


Figure IV.13 L'humidité en fonction du temps.

L'humidité à **09h00** est de **21,4 %**, il diminue d'une façon progressive avec le temps jusqu'à atteindre sa valeur minimal de **10,2 %** vers **14h30**.à partir de ce moment l'humidité commence à augmenter.

IV.6.5 Résultat de la quatrième variante (changement de l'absorbeur)

Pour cette quatrième expérience, nous avons changé l'absorbeur qui li est en polyéthylène (**noire**), et en choisit cinq ouvertures sur les cinq possible

Les Résultat obtenus attestent d'une vitesse d'écoulement très acceptable par rapport aux trois précédentes variantes ; celle-ci, a oscillé entre **1,4** et **3,2 m/s** (Figure IV.14)

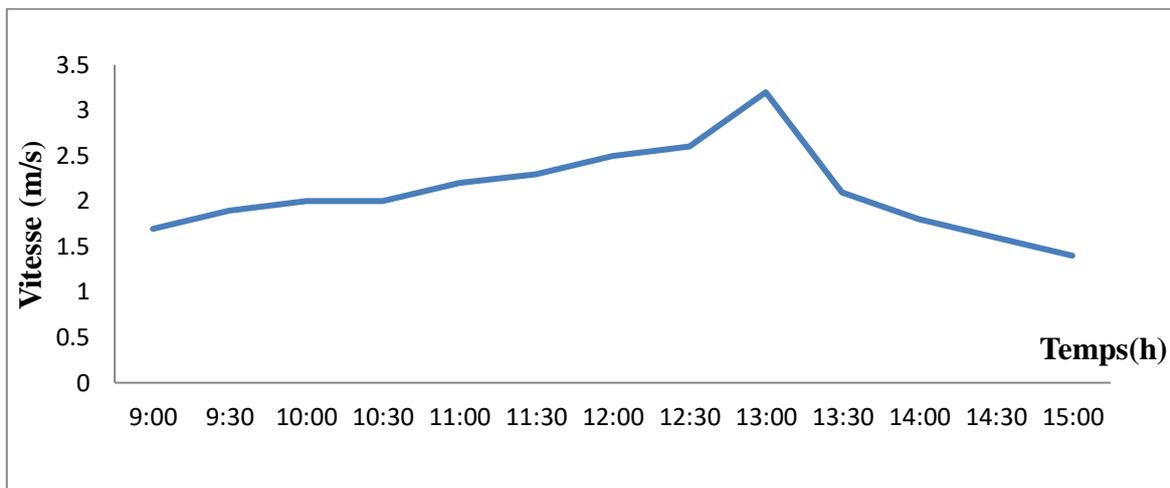


Figure IV.14 Vitesse en fonction du temps avec cinq ouvertures

L'écoulement à l'entrée de la cheminée débute avec une vitesse de **1,7 m/s** au début de l'expérience soit **09h00** et suit une progression jusqu'à atteindre une vitesse maximale de **3,2 m/s** à **13h00**, puis une amorce baisse régulière jusqu'à atteindre la valeur de **1,4 m/s** à **15h00**.

IV.6.6 Synthèse des résultats

A partir des résultats obtenus en fonction des quatre variantes considérées dans cette étude (5 ; 3 ; 1 et 5 avec le changement de l'absorbeur), que l'on peut conclure de l'acceptable efficacité du prototype cheminée solaire mise en place.

A l'échelle du prototype, les vitesses d'écoulement affichées sont très encourageantes ; le meilleur rendement obtenu au niveau de la quatrième variante.

On compare les deux vitesses, On noter par Vitesse 5 (la vitesse d'écoulement dans le cas de cinq ouvertures avec absorbeur en aluminium).

Et Vitesse 6 (la vitesse d'écoulement dans le cas de cinq ouvertures avec absorbeur en polyéthylène).

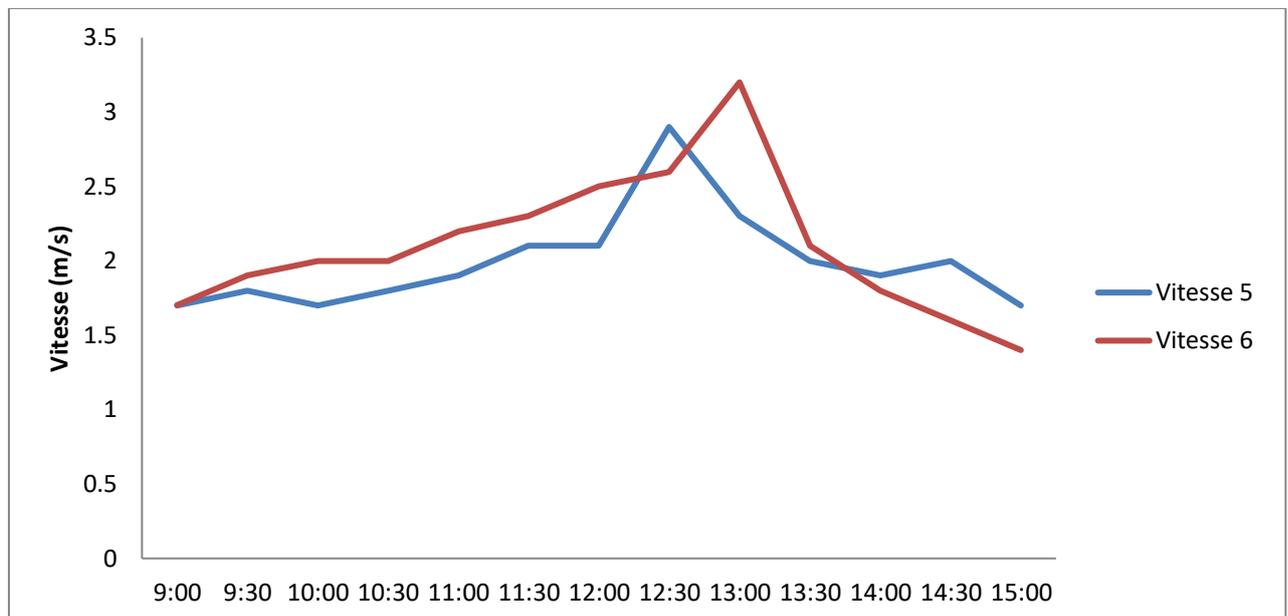


Figure IV.15 Vitesse d'écoulement en fonction du temps et selon les deux dernières variantes

Les deux plus grandes vitesses d'écoulement dans le cas de quatre variantes ont été affichées entre **12h00** et **13h00**, période de la journée où la température est à son maximum et d'humidité est minimale : la corrélation entre les quatre paramètres est significativement établie.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale:

De toute évidence, les énergies renouvelables seront de plus en plus présentes dans un futur proche et c'est grâce à leurs multiples qualités de cout, simplicité et durabilité qu'elles s'imposeront face aux énergies traditionnelles.

Avec plusieurs sources inépuisables et durables comme le vent, la géothermie, la biomasse, l'énergie des mers et surtout le soleil ; ce dernier, a vu naitre plusieurs techniques afin de s'approvisionner de son énergie et parmi eux la cheminée solaire. Cette cheminée constitue d'abord un moyen très intéressant de produire de l'énergie électrique renouvelable en utilisant différentes réactions physiques connues et maîtrisées par l'homme depuis quelques dizaines d'années (Effet thermosiphon, convection, effet de serre).

Les investissements de départ sont importants mais prévisibles ainsi que les matériaux nécessaires à sa construction (béton, polymère, 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, la production perdure jour et nuit ; ainsi, 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 a l'échelle mondiale.

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, au sud de l'Inde, 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.

L'objectif principal de notre étude a été d'atteindre une plus grande vitesse possible d'écoulement au sien de la cheminée afin d'utiliser cette vitesse pour faire tourner une turbine et confirme l'efficacité du matériau utilisé comme polymère.

Pour cette expérimentation, nous avons considéré quatre variantes en matière d'ouverture du collecteur et avons procédé aux différentes mesures de 09h30 à 16h00 avec des pas de temps de 30 minutes

Les résultats obtenus attestent d'une vitesse d'écoulement à l'entrée de la cheminée

Conclusion générale

très importante, elle est variable au cours de la journée et culmine vers 12h30 -14h00.

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 entrée de la cheminée. Les résultats obtenus attestent d'une augmentation significative de la température ambiante pour atteindre des maximas a 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 14h30.

A ce niveau d'analyse, l'influence du rayonnement sur les températures , puis sur la vitesse d'écoulement est confirmée.

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

- Isolation thermique de la cheminée.
- Variation du diamètre d'admission du collecteur.
- Variation de la hauteur et le diamètre de la cheminée.

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

Références Bibliographiques

Référence

- [1] SAADI SOUAD, Thèse de magistère en physique « Effet Des Paramètres Opérationnels Sur Les Performances D'un Capteur Solaire Plan » Université Mentouri De Constantine 2010.
- [2] B. CHIKH-BLED, I. SARI-ALI ET B. BENYOUCEF, revue « Méthode de dimensionnement optimal d'une installation photovoltaïque » Université Abou-Bakr Belkaïd 2010 Tlemcen.
- [3] S. BOUDJEMAA, A. ACHOUR « Fonctionnement Optimal d'un système Photovoltaïque Hybride par technique développés » Université de Biskra 2004.
- [4] <http://pccollege.toile-libre.org> Cours Physique-Chimie, Biscarrosse.
- [5] <http://www.qualit-enr.org/qualipv> Portail des énergies renouvelables en France .
- [6] <http://pccollege.toile-libre.org> Cours Physique-Chimie, Biscarrosse.
- [7] M. KALTSCHMITT, W. STREICHER, "**Renewable energy: Technology economics and environment**", *Edition Springer, 2007.*
- [8] JÖRG SCHLAICH, "**The solar chimney: electricity from the sun**", *Edition Axel Menges, Novembre 2004.*
- [9] A. DHAHRI, A. OMRI, "**A Review of solar Chimney Power Generation Technology**", (IJEAT), *February 2013.*
- [10] M. ULIAN, M. RICARD, B. LASMARRIGUES, M. LELAIDIER Mathias, "**Cheminée tour solaire**", *Université de Pau et des Pays de l'Adour, 2010/2011.*
- [11] PABLO GONZALEZ GASCON Y MARIN, "**Les tours solaires, deux approches pour utiliser l'énergie du soleil, Énergies renouvelables**", ENSTA, *Paris 05.01.2011*
- [12] Boureghda Hichem « Etude de l'influence de la mise en forme sur la cristallisation, les propriétés physiques des polymères » Thèse, Université Hadj Lakhdar. Batna. 2006.P3.
- [13] M. Lassiaz, Corrélation entre les Mécanismes de Vieillessement Artificiel de Film Polymériques et l'Evolution des Propriétés Mécaniques, Thèse de Doctorat, Université Bordeaux 1 France (1993).
- [14] N. Kerboua, Vieillessement naturel et Artificiel de Polyéthylène, Thèse de Magistère, Université Ferhat Abbas de Sétif Algérie (1994).
- [15] Introduction à la Mécanique des Polymères, Edition Christian G'sell et Jean Maec Haudin.
- [16] J. L. Bolland, Quart Review, Chemistry Soc 3 (1949) 1-21.
- [17] J. P. Trotignon, J. Verdu, A. Dobraczynski et M. Piperaud, AFNOR, Editions Nathan (1996).
- [18] M. Lassiaz, Vieillessement des Plastiques, Application en Serriculture, DEA Mécanique, Université Bordeaux 1 France (1990).

[19] S. Fuzessery, Techniques de L'Ingénieur (1988).

[20] <http://www.pcxchimie-lycee.blaisepascal.fr/poly3.pdf>

[21] http://www.mat.ensmp.fr/Pages/jb/COURS_MATERIAUX/Cours_8_Micro_Polymère.Pdf.

[22,23] HAUDIN, J.M. Structure et morphologie des polymères semi-cristallins. In : G'SELL, C, Introduction à la mécanique des polymères. Institut National polytechnique de Lorraine, Nancy, France, 1995, 97-115.

[24] NITTA, K. H, TAKAYANAGI, M. Role of Tie molecules in the Yielding Deformation of Isotactic Polypropylene. Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics, 1999, Vol.37, 357-368

[25] GRENIER-LOUSTALOT, M. F. Architecture et élaboration des polymères. In: HAUDIN, J. M., G'SELL, C. Introduction à la mécanique des polymères, Institut National polytechnique de Lorraine, Nancy, France, 1995, 57-76

[26] MONASSE, B. Les théories de la cristallisation des polymères. Annales de la Chimie Française. 1990, Vol. 15, 173-220

[27] 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).

Résumé :

La centrale à cheminée solaire est constituée de trois éléments essentiels, le **collecteur solaire**, la **cheminée** ou la **tour** et la **turbine**. L'air se trouvant la couverture jaune *polymères* (PEBD) qui est chauffé par les rayons solaires, s'écoule d'une masse ascendante suivant un circuit constitué par l'absorbeur et la cheminée. La couverture jaune et le sol au dessous du couvercle forment le collecteur solaire. Au milieu du collecteur est placée une cheminée verticale avec une ouverture à sa base, d'où s'écoulera l'air sortant du collecteur. La tour (cheminée) convertit le flux de chaleur produit par le collecteur en énergie cinétique (courant de convection) et énergie potentiel (**chute de pression dans la turbine**). Ainsi la différence de densité de l'air causée par l'élévation de température dans le collecteur joue le rôle d'une force d'entraînement. Le déplacement de l'air permet à des turbines situées à l'embouchure de la cheminée de produire de l'électricité à travers des génératrices qui leurs sont couplées. Notre travail consiste de part l'étude de faisabilité d'une cheminée solaire de puissance au de l région Tiaret- Algérie, à procéder en premier lieu de faire une étude énergétique, ce qui nous permettra d'analyser les performances énergétiques de la centrale en fonction de certains paramètres que ce soit physiques ou géométriques tels que l'irradiation solaire, température ambiante, hauteur de la tour, diamètre du collecteur. . .et en deuxième lieu d'une étude thermodynamique et ce en considérant l'écoulement dans la dite centrale turbulent en régime transitoire, sous l'effet de la convection naturelle et de déterminer l'emplacement adéquat des turbines.

Mots-clés : cheminée solaire, polyéthylène, vitesse écoulement, température, rayonnement, Sahara-Algérie