



# Technologie de la cheminée solaire pour la production de l'énergie

Chergui T. <sup>#1</sup>, Boualit H. <sup>#1</sup>, Larbi S. <sup>\*3</sup>, Bouhadjar A. <sup>\*\*4</sup>

<sup>#</sup>Unité de Recherche Energies Renouvelables URAER-Ghardaïa-Algérie

<sup>1</sup>tchergui@gmail.com

<sup>\*</sup>Ecole Nationale Polytechnique ENP- El Harrach - Alger - Algérie

<sup>\*\*</sup>Centre Recherche & Développement Energies Renouvelable CDER-Alger-Algérie

**Résumé**— L'implémentation des centrales solaires dans les régions d'insolation élevée est une option prometteuse pour une stratégie de production d'énergie électrique peu coûteuse, écologique et qui s'intègre facilement dans le milieu environnemental. Actuellement, une grande variété de technologies solaires pour la production d'électricité est disponible. L'utilisation de la technique cheminée solaire (SC) pour la production de l'énergie s'est avérée être une approche prometteuse pour des futures applications. Peu connue en Algérie, une description d'une Centrale Cheminée Solaire (CCS), ses processus physiques, un état de l'art sur les études expérimentales et théoriques, et une étude économique de la technologie de ce type de centrales seront revues & notre papier finira alors, par dessiner une image détaillée & complète sur la recherche et le développement de la technique cheminée solaire destinée à la production d'énergie, durant la dernière décennie.

**Mots clés**— Cheminée solaire, performance énergétiques.

## I. INTRODUCTION

La cheminée solaire (CS) est une installation solaire de production de puissance qui utilise le rayonnement solaire pour accroître l'énergie interne de l'air s'écoulant à travers le système, transformant ainsi l'énergie solaire en énergie cinétique. L'énergie cinétique de l'air est ainsi transformée en électricité en utilisant des groupes turbogénérateurs adéquats. Une Centrale à Cheminée Solaire (CCS) est constituée de trois éléments principaux (voir fig.1), à savoir le capteur solaire, la tour-cheminée et la turbine. Le capteur, constitué par le sol et une couverture transparente situé à quelques mètres au dessus du sol, a pour objectif principal de capter le rayonnement solaire pour chauffer la masse d'air présente à l'intérieur. Les forces de gravités dirigent l'air chaud vers la cheminée qui est située au centre du capteur. Une turbine est placée sur le chemin de l'écoulement d'air pour convertir l'énergie cinétique en électricité à travers une génératrice de courant. Le capteur peut être équipé d'un dispositif de stockage afin d'augmenter la période de fonctionnement du système c'est-à-dire en dehors de la période journalière. Ainsi donc grâce à diverses techniques, le rayonnement solaire peut être

transformé en une autre forme d'énergie utile pour l'activité humaine, notamment, en chaleur, en électricité.

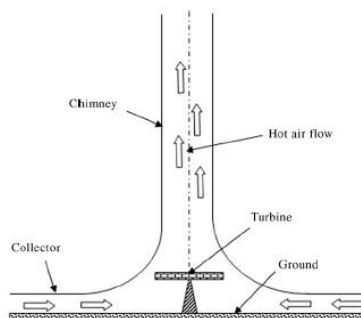


Fig.1 Schéma d'une centrale cheminée solaire

Le concept combine plusieurs effets et forces naturels (effet de serre, effet cheminée, effet Venturi, force de Coriolis). L'ensemble fonctionne aussi bien de manière autonome et de manière permanente quelque soit l'ensoleillement et le régime des vents. Il constitue un concept élaboré et performant que tout ce qui a été conçu jusqu'à présent dans le domaine de la production électrique. Il est en particulier bien plus efficace et économique que les dispositifs utilisant des éoliennes, des cellules photovoltaïques ou des tours solaires. Sa technologie est simple, fiable et accessible au pays en voie de développements, qui sont ensoleillés et qui ont souvent des ressources en matières premières limitées. Les évaluations économiques, basées sur l'expérience et la connaissance recueillies jusqu'ici, ont prouvées que les centrales à cheminée solaire de grande puissance sont capables de produire de l'électricité à un coût comparable à ceux des centrales conventionnelles. Ceci, est une raison convaincante pour développer plus cette forme d'utilisation d'énergie solaire, d'autant plus que c'est une unité économiquement viable.

## II. GENERALITES SUR LES CHEMINEES SOLAIRES

### A. Historique & Développement



La CCS a été proposée pour la première fois par Cabanyes [1], et ensuite décrite dans une publication par Günter [2]. Depuis 1975, plusieurs brevets ont été accordés à Lucier en Australie, au Canada, en Israël et aux Etats-Unis [3]. Schlaich a également présenté cette technologie dans un congrès en 1978 [4], pour concevoir et construire, par la suite, avec ses coéquipiers le premier prototype d'une CCS à Manzanares en Espagne entre 1981 et 1982 [5–10]. Ce prototype doté d'une tour de 194.6 m de hauteur, d'un collecteur de 244 m de diamètre et d'une turbine à rotor unique à quatre pales, orientée verticalement, installée à la base de la tour. Ce prototype a fonctionné jusqu'à 1989 en produisant une puissance maximale de 50 kW [10,13], en vérifiant ainsi la faisabilité et la praticabilité des CCS. Depuis lors, des études numériques, analytiques et expérimentales ont été multipliées pour bien comprendre le comportement des cheminées solaire dans le but de construire des prototypes qui réalisent le meilleur rendement en matière de production de l'électricité et donc on est arrivé à proposer quelques projets à grande échelle dans plusieurs pays.

Le gouvernement Australien a décidé de soutenir la construction d'une CCS de 200MW à Mildura en Australie. Cette CCS est de 1000 m de hauteur dotée d'un collecteur de 7000 m de diamètre. Cette centrale est subtile de fournir assez d'électricité pour alimenter plus de 200.000 foyers, conformes au nombre de foyers à Hobart, capitale de la Tasmanie, et réduire par conséquent les émissions annuelles des gaz CO<sub>2</sub> de plus de 900.000 tonnes [10]. La *Ciudad Real Torre* est une CCS de 40MW qui a été proposée pour être construite à Ciudad Real en Espagne. Cette centrale sera dotée d'une tour de 750 m de hauteur et d'un collecteur de 3.5 km<sup>2</sup> de superficie [11]. En mi 2008 le gouvernement Namibian a approuvé une proposition pour la construction d'une CCS de 400MW appelé le 'Greentower' dotée d'une tour de 1500 m de hauteur et de 280 m de diamètre, et un collecteur de 37 km<sup>2</sup> de superficie.

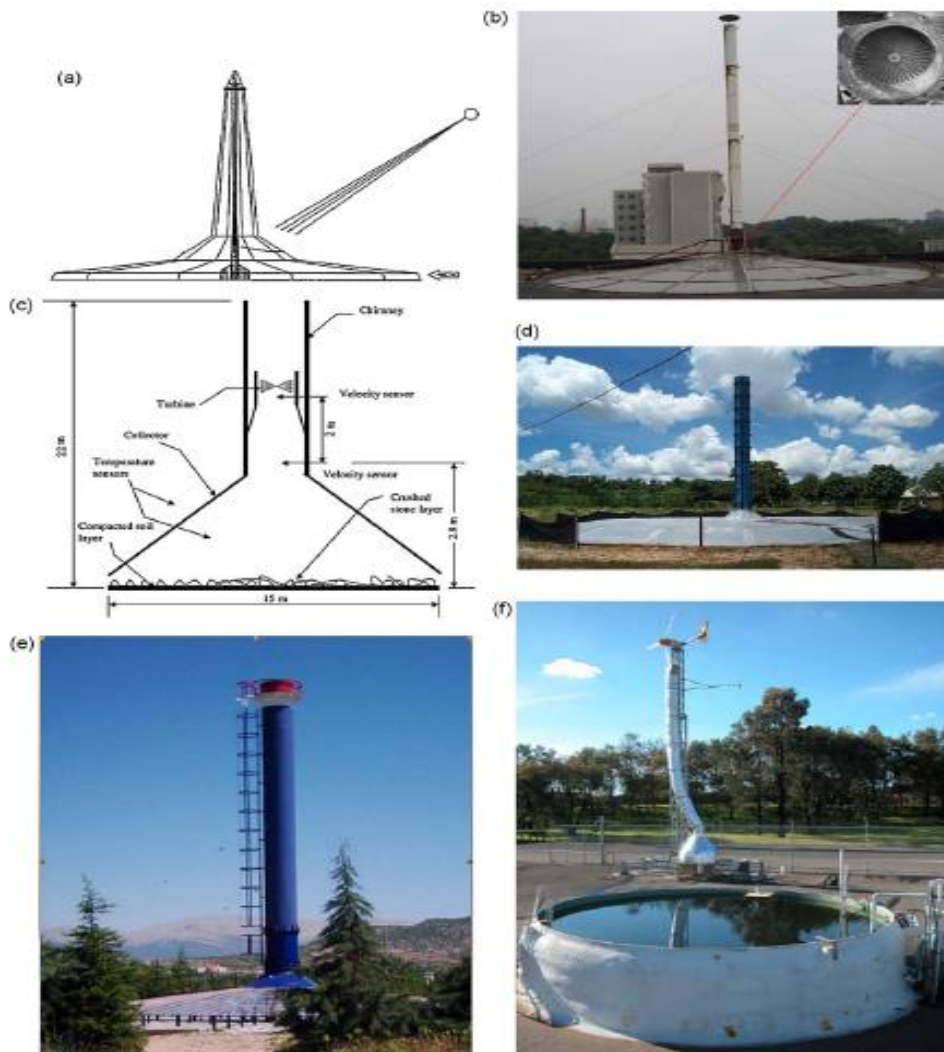


Fig.2 Images ou diagrammes schématiques de quelques prototypes : (a) Sherif et al.'s [16,17]; (b) Zhou et al.'s [18-20]; (c) Botswana's [21]; (d) Ferreira et al.'s [22-24]; (e) Koyun et al. [25]; (f) Golder's [26].



## Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

### The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



Le collecteur est aussi envisagé pour être utilisé comme une serre pour des fins agricoles [12]. Une autre proposition de construire d'une CCS de 1000 m de hauteur pour la production d'électricité et le développement de tourisme à Changhaï en Chine a été présentée et sa simulation demandée a été effectuée par l'équipe de HUST (Huazhong University of Science and Technology) [13].

### III. ETUDES EXPERIMENTALES

Dans cette dernière décennie, plusieurs modèles expérimentaux ont été successivement conçus, construits, et examinés, aux quels les structures différents d'une installation à une autre. Le premier prototype d'une CCS est celui de Manzanares en Espagne, composé d'une tour en métal de 0.00125 m d'épaisseur et d'un collecteur de toit en PVC [5]. Ce prototype a été construit dans le but de récolter des mesures sur les champs thermique et dynamique. En 1983, Krisst [14] a construit, à West Hartford, Connecticut, USA, un dispositif de 6 m de hauteur doté d'un collecteur de 10 m de diamètre avec une production de 10 W. En 1985, Kulunk [15] a réussi à produire 0.14W d'électricité à partir d'un système à échelle réduit, une tour de 2 m et un collecteur de 9 m<sup>2</sup>, à Izmit en Turquie. En 1997, une CCS (fig. 2.a) dotée d'une tour de forme conique de 7.92 m de hauteur et d'un collecteur de 9.15 m de diamètre a été construite par Pasurmarthi et Sherif en Floride [16,17]. En 2002, une installation pilote d'une CCS (fig. 2.b) composée d'un collecteur d'air de 10 m de diamètre et d'une tour de 8 m de hauteur a été construite à Wuhan en Chine [18,19,20] puis elle a été modifiée en plusieurs reprise. La toute dernière structure est composée d'un collecteur de couvercle en verre de 4.8 millimètres d'épaisseur et d'une tour en PVC. Basé sur le besoin d'installations pour des stratégies d'énergie à long terme, le ministère de la Science et la technologie de Botswana a conçu et réalisé une installation, pour la recherche, une centrale CCS [21]. La tour, de 22 m de hauteur et 2 m de diamètre, était fabriquée de polyester renforcé par le verre, soutenu par une structure en acier, le toit du collecteur, de 160 m<sup>2</sup> de diamètre et de 5 mm d'épaisseur, a été fabriqué par du verre clair. Une CCS d'une tour de 11 m de hauteur et d'un collecteur d'un mètre de diamètre (Fig. 2.d) a été construite dans le campus universitaire de Universidade Federal de Minas Gerais, à Belo Horizonte, Brazil [22–24]. Sa tour est un ensemble de 05 modules en bois de forme cylindrique de 2.2 m de hauteur chacun, couverts intérieurement et extérieurement de fibres de verre. Son collecteur de 25 m de diamètre et de 0.5 m fabriqué en utilisant un film de plastique soutenue par une structure tubulaire en acier. Une autre installation pilote d'une CCS de

15 m de hauteur et d'un collecteur de 16 m de diamètre a été également montée dans le campus de l'université de Suleyman Demirel, à Isparta en Turquie [25]. Un petit prototype faisant la combinaison d'un bassin solaire d'approximativement 4.2 m de diamètre et de 1.85 m de profondeur et d'une CCS d'une tour de 8 m de hauteur et de 0.35 m de diamètre (fig. 2.f) a été construit par Golder [26,27] dans le campus de l'université de RMIT, à Bundoora en Australie en 2002.

### IV. ETUDES ENERGETIQUES & CALCUL DES PERFORMANCES GLOBALES

Des études fondamentales de ce système espagnol ont été menées par Haaf & al. [5] qui ont présenté une brève discussion du bilan énergétique, des critères de conception et de l'analyse du coût de production d'énergie et du système. Depuis, des efforts considérables ont été déployés pour dimensionner et estimer les performances énergétiques des cheminées solaires pour démontrer leur faisabilité ainsi que leur rentabilité. Mullet [28] a présenté une analyse sur l'évaluation du rendement global d'une CCS. Padki et Sherif [29] ont conduit une recherche sur la viabilité de produire de l'électricité par les cheminées solaires à **moyen jusqu'aux grandes échelles**, en plus d'une recherche sur les possibilités d'alimenter les secteurs ruraux en électricité [30]. Schlaich & al. [31] ont mené des travaux sur la possibilité d'exploiter les données expérimentales du prototype de Manzanares pour prévoir les caractéristiques des installations plus grandes allant de 5-30 jusqu'à 100 MW. Yan & al. [32] ont développé un modèle analytique très simple, facile à comprendre et à exploiter. Pour ce faire, des idées qualitatives sur les centrales CCS, dans lequel des corrélations pratiques ont été utilisées dans l'objectif de formuler des lois permettant le calcul du débit d'écoulement, de la vitesse de l'air, de la puissance délivrée et du rendement thermodynamique. Il est à noter que le modèle présenté par Yan & al. [32] considère la turbine d'une cheminée solaire comme une éolienne qui, en réalité, va dévier le vent, même avant qu'il atteigne le rotor. Le rendement théorique maximum de 16/27 ou de 59%, d'après la loi de Betz, ne s'applique pas pour les turbines des cheminées solaires. Padki et Sherif [33] ont proposé un modèle analytique simple pour la prédiction des performances d'une centrale CCS avec une erreur de 6 % en comparaison avec des prédictions, faites à base de la résolution d'un modèle mathématique composé des équations de continuité, de conservation de la quantité de mouvement et d'énergie régissant de l'écoulement unidimensionnel de l'air chaud dans la tour de la cheminée solaire. Gannon & Von Backström [34] se sont penchés sur une analyse thermodynamique idéale du cycle d'écoulement d'air, supposé comme gaz parfait isentropique, à travers une centrale CCS. Ils se sont intéressés, dans une première partie, à définir les limites de



# Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

## The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



fonctionnement du système en question et ont essayé de se rapprocher du cas réel en introduisant les pertes par frottement à travers le système ainsi que les pertes cinétiques à la sortie de la cheminée, tout en adoptant un modèle simple, qui inclue le fort couplage existant entre le débit d'air et l'élévation de la température à travers le collecteur. Bernardes & al. [35] ont présenté un modèle mathématique pour l'écoulement d'air unidimensionnel dans une cheminée solaire, décrivant son comportement énergétique via l'estimation de la puissance produite sous les différentes conditions de construction, de fonctionnement et d'environnement, susceptible de récolter les informations nécessaires pour la conception d'une centrale électrique commerciale optimisée à grande échelle. Fluri & von Backström [36] ont comparé les performances de quatre installations qui diffèrent par les dispositions de leurs turbines, y compris la configuration à rotor unique SRTL (Single-Rotor Turbine Layouts) et la configuration de turbines à contre rotation CRTL (Counter-Rotating Turbines Layouts) avec ou sans aubes d'orientations IGV (Inlet Guide Vanes) en utilisant les modèles analytiques et ont discuté les techniques d'optimisation, et les paramètres importants de conception pour dans les différentes dispositions de turbine.

dans la région du sud-ouest algérienne. L'énergie solaire et l'état psychométrique d'air dans le sud de l'Algérie sont importants pour encourager pleinement le développement des cheminées solaires soit pour la production de l'énergie thermique ou électrique pour de divers usages. Les auteurs se sont intéressés par la ville d'Adrar là où le rayonnement solaire est important. Les résultats obtenus prouvent que la centrale CCS peut produire à partir de 140 à 200 kW d'électricité sur un comme celui d'Adrar pendant toute l'année, selon une évaluation faite sur la moyenne mensuelle d'ensoleillement. Cette production est suffisante pour les besoins des secteurs isolés. La fig. 3a, montre l'effet de la température ambiante et de l'irradiation solaire sur la puissance de l'installation. Il est à souligner que la production en puissance augmente avec l'augmentation de l'irradiation et de la température ambiante. Cette augmentation est toutefois plus importante pour l'irradiation que pour la température. Les dimensions de l'installation CCS ont aussi une grande influence sur la puissance produite. La fig. 3b montre que plus le taille, du collecteur et de la tour, est grande, plus la production d'énergie de la CCS sera importante.

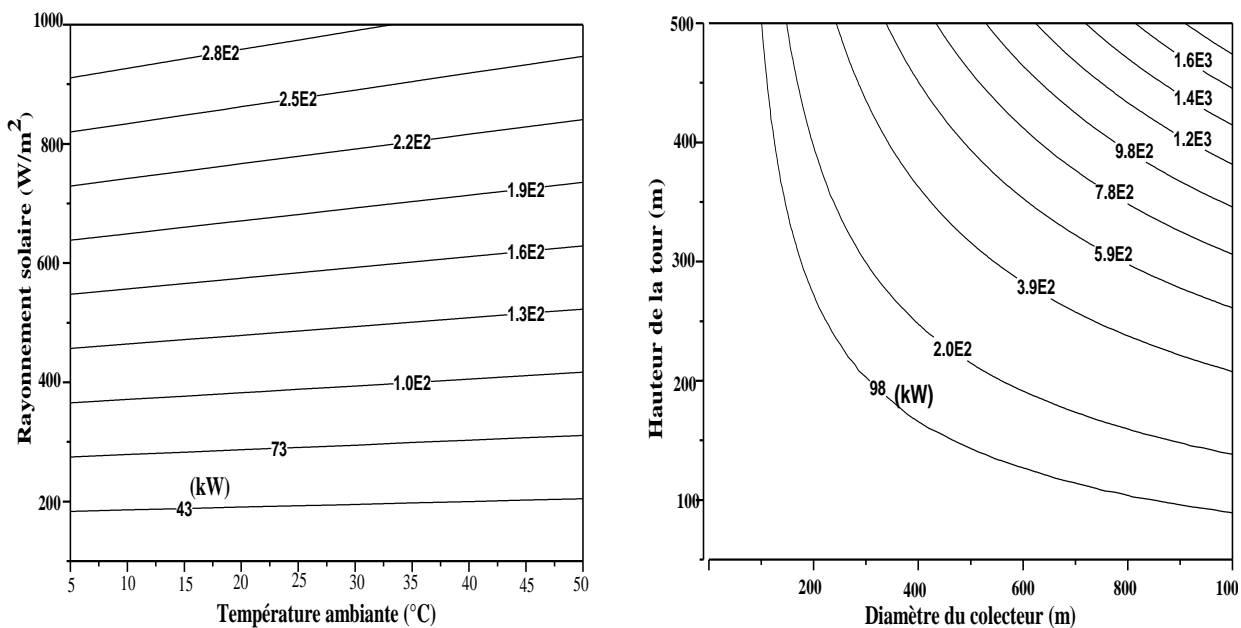


Fig. 3 Effet sur la puissance générée de (a) la température ambiante et du rayonnement solaire ; (b) du diamètre du collecteur et de la hauteur de la tour [90].

Chergui & al. [37] ont montré, dans une étude antérieure, sur les centrales CCS dans le sud de l'Algérie, l'importance de la région d'Adrar comme une source intéressante de l'énergie solaire thermique. Larbi & al. [38] ont présenté une analyse des performances énergétiques d'une centrale CCS prévue pour fournir de l'énergie électrique aux villages isolés situés

Il est cependant à noter que la puissance obtenue augmente d'une façon non linéaire avec l'augmentation du diamètre du collecteur et de la hauteur de la tour : cette augmentation est rapide aux faibles dimensions du collecteur et de la tour, mais devient plus lente lorsque ces dimensions deviennent importantes. Près de 390 kW de puissance électrique peut être



## Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

### The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



produite par une centrale possédant un collecteur de 800 m de diamètre et une tour de 250 m de hauteur.

#### V. ETUDES DE CFD

Bernardes & al. [39] ont présenté une analyse théorique d'une CCS, opérant en convection naturelle et en régime laminaire et permanent. Afin de prévoir le comportement thermo-hydrodynamique de l'air, des conditions aux limites thermiques ont été imposées de façon à garantir un écoulement laminaire régulier le long du dispositif. Le modèle mathématique a été résolu par la méthode des volumes finis dans des coordonnées généralisées. Gannon & Von Backström [40] se sont intéressés à un écoulement compressible unidimensionnel pour le calcul des variables thermodynamiques en fonction de la hauteur de la tour, du frottement à travers les parois, des pertes additionnelles, de la traînée interne et de la variation de la section de passage. Pastohr & al. [41] ont utilisé le logiciel FLUENT (code commercial de CFD) pour modéliser la centrale CCS semblable géométriquement à celle de Mansaranes dans le but d'effectuer une analyse avec plus de détails dans la description du mode de fonctionnement et du rendement de système. Ils ont confirmé que la chute de pression dans la turbine et le débit massique, éléments décisifs sur l'efficacité du système, ne peuvent être déterminés uniquement par l'accouplement de toutes les parties d'une centrale CCS. Les résultats numériques donnés par FLUENT rivalisent bien avec les résultats donnés par un modèle simple proposé par les auteurs, ce qui a conduit à la conclusion de pouvoir employer ce dernier tout simplement pour des études paramétriques en vigueur. Zhou & al. [42] ont comparé un modèle d'écoulement d'un fluide compressible à travers une cheminée solaire CS au modèle de Boussinesq et à un modèle totalement flottable FBM (Full Buoyancy Model) avec l'aide du code commerciale de la CFD fluent. Le modèle de Boussinesq considère un écoulement incompressible, où la densité est traitée comme paramètre constant et utilise l'approximation de Boussinesq pour modéliser la variation locale de la densité, cette variation représente la force gravitationnelle intégrée dans le terme source dans l'équation de quantité de mouvement. Tingzhen & al. [43] ont présenté une méthode de simulation numérique d'une CCS là où la turbine éolienne a été incluse. En se basant sur des résultats obtenus pour le prototype de Manzanares doté d'une éolienne tripales ils ont prouvé que l'augmentation de la vitesse de rotation de la turbine fait chuter la vitesse moyenne à la sortie de la tour et le débit massique, contrairement, la température moyenne à la sortie de la tour et la chute de pression à la turbine augmentent, alors que l'énergie maximale disponible, la puissance développée et le rendement chacun à une valeur pique. La simulation numérique pour une centrale CCS de

l'ordre des MW a été effectuée pour définir une référence pour la conception des systèmes CCS à grande échelles. Dans le cas d'une CCS dotée d'une tour de 400 m d'hauteur et 30 m de rayon, d'un collecteur de 3000 m de diamètre et une turbine de 5 pales, la puissance maximale engendrée et le rendement ont été estimés d'environ 10MW et 50%, respectivement. Zhou & al. [44] ont présenté une étude numérique sur les performances d'une CCS en se basant sur les équations de Navier-Stokes. Les résultats prouvent que le champ de la température et le champ d'écoulement simulés sont fondamentalement en accord avec les mesures. Comme exemple d'analyse, le champ de la température croix à partir de l'ouverture vers le centre du collecteur, comme le flux d'air est graduellement chauffé pendant qu'il est entraîné par la tour cheminée. Cependant, le maximum des températures moyennes le long du collecteur est généralement situé à une distance de 0-5 à 3-5 m à partir du centre du collecteur. Maia & al. [45] ont réalisé une étude analytique et numérique de l'écoulement turbulent et transitoire de l'air à travers une CCS en utilisant la méthode des volumes finis (FVM) dans des coordonnées généralisées pour résoudre les équations de conservations et de transports pour évaluer l'influence des paramètres géométriques aussi bien que les matériaux utilisés dans les performances d'une CCS. en démontrant que le débit massique croît avec la croissance de la hauteur et le diamètre de la tour ils ont démontré que ces deux paramètres représentent les paramètres physiques les plus importants dans la conception d'une CCS.

Chergui & al. [46] ont développé un code numérique de CFD qui a été validé par les Benchmark de Vahl Davis pour la convection naturelle. Des études de performance reliées aux paramètres géométriques et opérationnelles ont été réalisées. L'influence du rapport de l'élévation du toit du collecteur 'e' à la hauteur de la tour 'H' a été identifiée pour deux cas  $e/H = 0.1$  et  $e/H = 0.01$  avec  $e = d$  diamètre de la tour. La taille de collecteur, la hauteur de la tour et la force d'entraînement d'entraînement de l'écoulement c.-à-d. la différence de la température ont été prises en compte à travers la variation du nombre de Rayleigh  $Ra$ , ainsi le champ de vitesse et la distribution de la température, dans le système, ont été évalués en fonction de  $Ra$ . Les caractéristiques locales de l'écoulement ont été montrés et il a été constaté que pour la plus part des nombre de Rayleigh l'écoulement semble laminaire excepté pour des nombres de Raleigh de  $10^8$  où il y a quelques perturbations. Les vitesses maximales sont constatées à l'entrée de la tour-cheminée et sa valeur est plus importante pour  $e/H = 0.1$  que pour  $e/H = 0.01$  pour tous les nombres de Rayleigh. Le champ de vitesse augmente le long du collecteur c.-à-d. en partant de la périphérique ouverte vers le centre. Ce résultat permettra le concepteur des CCS de correctement localiser là où il mettra son CPU dispositif mécanique de conversion.



#### VI. EXEMPLES DE CALCUL CFD SUR LES CCS

Dans cette partie nous faisons rassembler quelques résultats sur les champs de température et de vitesse à travers les différentes parties d'une CCS. A la base de la méthode des éléments finis MEF [47] chergui & al. [48] ont pu obtenir les champs de vitesse (fig. 4) pour différentes configurations (formes) géométrique.

La fig.5 montre l'évolution de la température le long du collecteur. Maia & al. [45] présentent en plus, deux autres courbes, afin d'analyser l'effet de la valeur du rayon de la tour sur la température. Ils concluent que plus le rayon de la tour est grand, plus la température de l'écoulement dans le collecteur est moindre.

Maia & al. [45] montrent trois courbes pour trois valeurs analysées de rayon de la tour. Ils ont observé que la température de l'écoulement augmente en allant vers le centre de la cheminée solaire, ceci est dû aux échanges thermiques entre le sol et l'air en écoulement. Néanmoins, les différences maximales (environ 2%) sont en dessous de la valeur d'erreur potentielle pour les anémomètres utilisés [45]. La Fig.6 présente le profil de vitesse pour une section transversale de la tour. Les petites différences pressenties entre les valeurs numériques et expérimentales dans la fig. 6.b ont été justifiées, soit par des erreurs numériques ou par des incertitudes expérimentales. Les mesures expérimentales ont été prises pour trois positions distinctes de  $r/R_t$ .

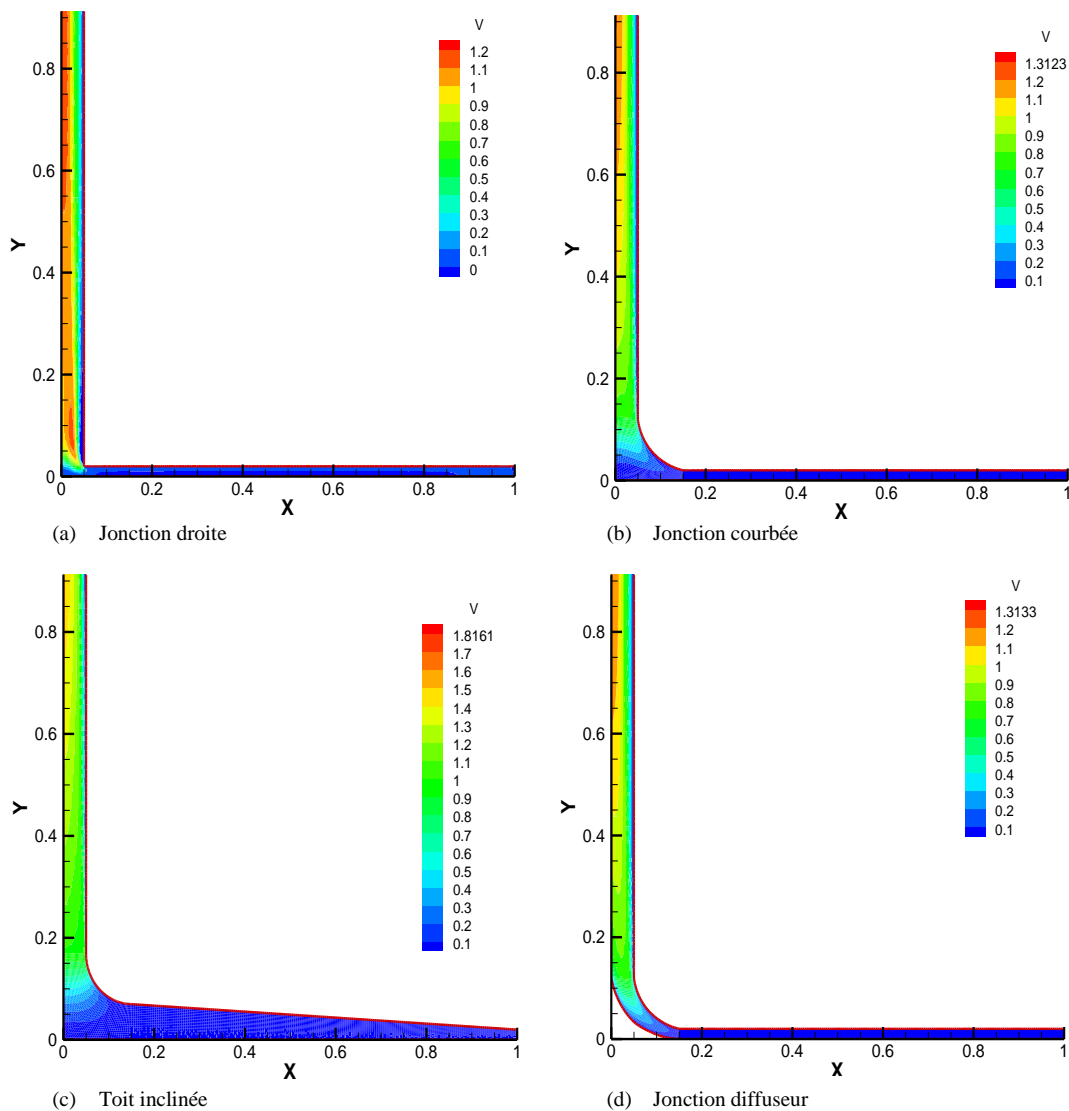


Fig. 4 Iso-velocités pour les différentes configurations,  $Ra = 10^8$  [47].



Proche du centre de la cheminée solaire, dû à la réduction du secteur d'écoulement, la vitesse de l'air en écoulement subit une diminution par contre sa température recommence à hausser en conséquence. L'augmentation du rayon de la tour augmente le débit massique. Alors, un plus grand volume d'air doit être chauffé dans le collecteur pendant la même période, faisant diminuer la température d'écoulement dans le collecteur. La fig.6 présente le profil de vitesse pour une section transversale de la tour.

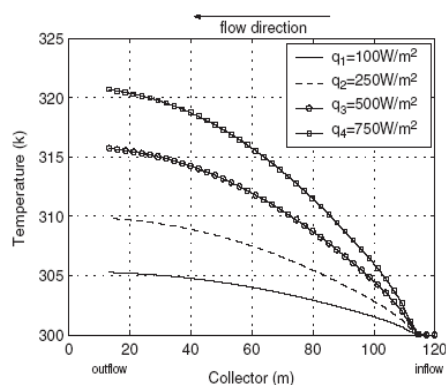
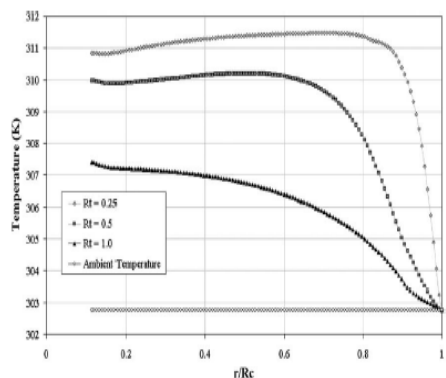
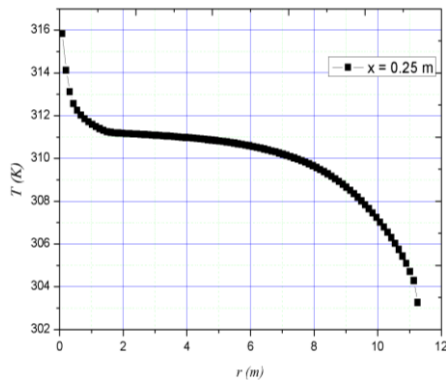


Fig. 5. Évolution de la température le long du collecteur. (a) Présente étude, (b) Maia & al. [45], (c) Pastohr & al. [57].

REFERENCES

1. Cabanyes I. Las chimeneas solares (Solar chimneys). La energia eléctrica. Cited due to Wikipedia; 1903.
2. Günther H. In hundert Jahren – Die künftige Energieversorgung der Welt (In hundred years – Future energy supply of the world). Kosmos, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart; 1931.

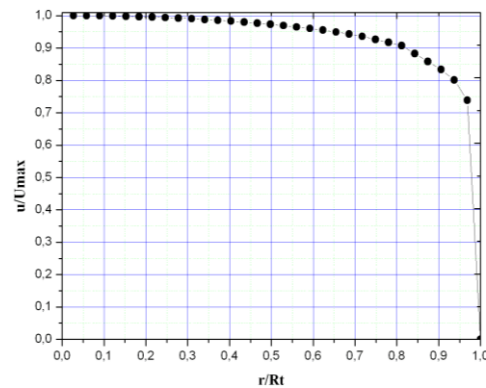
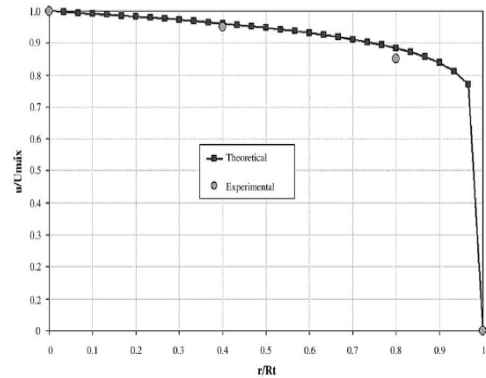


Fig. 6 Évolution de la température le long du collecteur. (a) Présente étude, (b) Maia & al. [38], (c) Pastohr & al. [57].

3. Lucier RE. Apparatus for converting solar to electrical energy. US. Patent; 1979.
4. Pasumarthi N, Sherif SA. Experimental and theoretical performance of a demonstration solar chimney model. Part I: Mathematical model development. Int J Energy Res 1998;22:277–88.
5. Haaf W, Friedrich K, Mayr G, Schlaich J. Solar chimneys. Part I: Principle and construction of the pilot plant in Manzanares. Int J Solar Energy 1983;2:3–20.
6. Robert R. Solar prototype development in Spain show great promise. MPS Rev 1982;(2):21–3.
7. Robert R. Hot air starts to rise through Spain's solar chimney. Electr Rev 1982;210(15):26–7.
8. Castillo MA. A new solar chimney design to harness energy from the atmosphere. Spirit of enterprise: the 1984 Rolex Awards; 1984. p. 58–9.
9. Haaf W. Solar chimneys, part II: preliminary test results from the Manzanares pilot plant. Int. J. Solar Energy 1984;2:141–61.
10. EnviroMission Limited Inc. Clean, green renewable energy: technology overview. Available at: [http://www.enviromission.com.au/IRM/content/technology\\_technologyover.html](http://www.enviromission.com.au/IRM/content/technology_technologyover.html).
11. Torre solar de 750 metros de altura en Ciudad Real (España). <http://www.astroseti.org/vernew.php?codigo=2188>.
12. Cloete R. Solar tower sheds light on little-used technology. Engineering News Online.



## Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

### The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



- [http://www.engineeringnews.co.za/article.php?a\\_id=137580](http://www.engineeringnews.co.za/article.php?a_id=137580). 2008- 07-25. Retrieved on 2008-10-17.
13. Schlaich, J., 1999. Tension structures for solar electricity generation. *Engineering Structures* 21, 658–668.
  14. Krist RJK. Energy transfer system. *Alternat Sources Energy* 1983;63:8–11.
  15. Kulunk H. A prototype solar convection chimney operated under Izmit conditions. In: Veiroglu TN, editor. *Proceedings of the 7th Miami international conference on alternative energy sources*; 1985. p. 162.
  16. Pasumarthi N, Sherif SA. Experimental and theoretical performance of a demonstration solar chimney model. Part II: experimental and theoretical results and economic analysis. *Int J Energy Res* 1998;22:443–61. Papageorgiou CD. Floating solar chimney: the link towards a solar future. In: *Proceedings of the ISES 2005 solar world congress conference*; August 2005.
  17. Sherif SA, Pasumarthi N, Harker RA, Brinen GH. Performance of a demonstration solar chimney model for power generation. Final Technical Report No. UFME/SEEC-9507, Solar Energy and Energy Conversion Laboratory, Department of Mechanical Engineering, University of Florida, Gainesville, Florida; December, 1995.
  18. Zhou XP, Yang JK, Xiao B, Hou GX. Simulation of a pilot solar chimney power equipment. *Renewable Energy* 2007;32:1637–44.
  19. Zhou XP, Yang JK, Xiao B, Hou GX, Shi XY. Special climate around a commercial solar chimney power plant. *J Energy Eng Trans ASCE* 2008;134:6–14.
  20. Zhou XP, Yang JK, Xiao B, Hou GX. Experimental study of the temperature field in a solar chimney power setup. *Appl Therm Eng* 2007;27:2044–50
  21. Ketlogetswe C, Fiszdon JK, Seabe OO. Solar chimney power generation project—the case for Botswana. *Renewable Sustain Energy Rev* 2008;12: 2005–12.
  22. Ferreira AG, Maia CB, Cortez MFB, Valle RM. Technical feasibility assessment of a solar chimney for food drying. *Solar Energy* 2008;82:198–205.
  23. Maia CB, Ferreira AG, Valle RM, Cortez MFB. Theoretical evaluation of the influence of geometric parameters and materials on the behavior of the airflow in a solar chimney. *Comput Fluids* 2009;38:625–36.
  24. Maia CB, Ferreira AG, Valle RM, Cortez MFB. Analysis of the airflow in a prototype of a solar chimney dryer. *Heat Transfer Eng* 2009;30:393–9.
  25. Koyun A, Üçgül I., Acar M., Şenol R. Güneş, Bacası Sisteminin Termal Özet Dizaynı. *Tesisat Mühendisliği Dergisi* 2007;98:45-50. available at: [http:// www.mmoistanbul.org/yayin/tesisat/98/6](http://www.mmoistanbul.org/yayin/tesisat/98/6).
  26. Golder K. Combined solar pond and solar chimney. Final year Mechanical Engineering Project. School of Aerospace, Mechanical and Manufacturing Engineering, Bundoora Campus, RMIT University, Melbourne, Australia; 2003.
  27. Akbarzadeh A, Johnson P, Singh R. Examining potential benefits of combining a chimney with a salinity gradient solar pond for production of power in salt affected areas. *Solar Energy* 2009;83:1345–59.
  28. Mullet, L.B., 1987. The solar chimney overall efficiency, design and performance. *Int. J. Ambient Energy* 8 (1), 35–40.
  29. Padki, M.M., and Sherif, S.A., 1989. Solar chimneys for medium-to-large scale power generation, *Proc. Manila Int. Symp. on the Development and Management of Energy Resources*, Vol. 1, Manila, Philippines, pp. 432-437.
  30. Padki, M.M., Sherif, S.A. and Chan, A.B., 1989. Solar chimneys for power generation in rural areas, *Seminar on Energy Conservation and Generation Through Renewable Resources*, Ranchi, India, pp. 91-96.
  31. Schlaich J, Bergemann R, Schiel W, Weinrebe G. Design of commercial solar updraft tower systems—utilization of solar induced convective flows for power generation. *J Solar Energy Eng* 2005;127:117–24.
  32. Yan MQ, Sherif SA, Kridli GT, Lee SS, Padki MM. Thermo-fluids analysis of solar chimneys. *Ind Applic Fluid Mech* 1991;ASME FED-2:125–30.
  33. Padki, M.M. and Sherif, S.A., 1992. A mathematical model for solar chimneys, *Proc. 1992 Int. Renewable Energy Conf.*, Vol. 1, M. S. Audi (Ed.), University of Jordan, Faculty of Engineering and Technology, Amman, Jordan, pp. 289-294.
  34. Gannon, A.J., Von Backström, T.W., 2000. Solar chimney cycle analysis with system loss and solar collector performance. *Journal of Solar Energy Engineering, Transaction of the ASME* 122 (3), 133–137.
  35. Bernardes, M.A dos S., VoB, A., Weinrebe, G., 2003. Thermal and Technical Analyses of Solar Chimneys. *Solar Energy* 75, 511-524.
  36. Fluri TP, Pretorius JP, Van Dyk C, von Backström TW, Kröger DG, Van Zijl GPAG. Cost analysis of solar chimney power plants. *Solar Energy* 2009; 83:246–56.
  37. Chergui T, Larbi S, Bouhdjar A, Gahgah M. Performance analysis of a solar chimney power plant in South of Algeria. In: *Proceedings of the World Renewable Energy Congress*; 2008.
  38. Larbi S, Bouhdjar A, Chergui T. Performance analysis of a solar chimney power plant in the southwestern region of Algeria. *Renewable Sustain Energy Rev* 2010;14:470–7.
  39. Bernardes, M.A dos S., Valle, R. M., Cortez, M. F. B., 1999. Numerical analysis of natural laminar convection in a radial solar heater. *Int. J. Therm. Sci.* 38, 42-50.
  40. Backström T. W., Gannon, A. J., 2000. Compressible flow through solar power plant chimneys. *ASME, Journal of Solar Energy Engineering* 122, 138–45.
  41. Pastohr H., Kornadt, O., Gürlebeck, K., 2004. Numerical and analytical calculations of the temperature and flow field in the upwind power plant. *Int. J. Energy Res.* 28, 495–510.
  42. Zhou X.P., Yang J.K., Wang J.B., Xiao B., Hou G.X., Wu Y.Y., Numerical investigation of a compressible flow through solar chimney, *Heat Transfer Engineering* 30 (2009) 670–676.
  43. Tingzhen M, Weia L, Guoling X, Yanbin X, Xuhu G, Yuan P. Numerical simulation of the solar chimney power plant systems coupled with turbine. *Renew Energy* 2008;33:897–905.
  44. Zhou XP, Yang JK, Xiao B, Long F. Numerical study of a solar chimney thermal power setup using turbulent model. *J Energy Inst* 2008;81:86–91.
  45. Maia CB, Ferreira AG, Valle RM, Cortez MFB. Theoretical evaluation of the influence of geometric parameters and materials on the behavior of the air flow in a solar chimney. *Computers and Fluids* 2009;38:625–36.
  46. Chergui T, Larbi S, Bouhdjar A. Thermo-hydrodynamic aspect analysis of flows in solar chimney power plants—A case study. *Renewable Sustainable Energy Rev* 2010;14:1410–8.
  47. Boualit AH., Zeraibi N., Boualit S., Amoura M., 2011. Thermal development of the laminar flow of a Bingham fluid between two plane plates with viscous dissipation. *International Journal of Thermal Sciences*, Volume 50, Issue 1, January 2011, Pages 36-43.
  48. Chergui T., Larbi S. & Bouhdjar A. 2011. Configuration aspect analysis in solar chimney power plants using finite element method. *World Renewable Energy Congress WREC2011-Sweden*.