

L'influence d'orientation sur un système thermique d'un concentrateur solaire cylindro parabolique et leur performance dans plusieurs positions

Rafik LAHLOUR^{1*}, Nadir Bellel¹, Nadia BOUGUETAIA¹, Billel BOUMAARAF²

¹Laboratoire de physique énergétique. Département de physique.

Faculté des Sciences Exactes. Université Frères Mentouri – Constantine 1. 25000 Constantine, Algérie

²Laboratoire des Dispositifs de Communications et de Conversions Photovoltaïques(DCCP). Ecole Nationale de Polytechnique, Alger, Algérie

Rafik LAHLOUR : rafik.energie@gmail.com

Résumé

Les systèmes photothermiques représentent un élément essentiel dans la maîtrise de l'énergie et par voie de conséquence, dans la protection de l'environnement, dans cet article qui présente une étude expérimentale d'un concentrateur solaire cylindro-parabolique, Nous proposons dans ce travail la réalisation pratique d'un tel concentrateur ayant une ouverture de **2.88 m²** et muni d'un système de poursuite solaire semi-électronique avec un circuit fermé du fluide caloporteur.

Plusieurs expériences ont été faites en vue d'avoir la possibilité d'atteindre des températures pouvant assurer la vaporisation de l'eau. Ces expériences ont été réalisées dans de diverses conditions de fonctionnement climatique. Le but principal de cet article est non seulement l'étude, la réalisation et l'optimisation des systèmes photothermiques, mais aussi la mise au point d'un nouveau procédé technologique directement transférable à l'industrie.

Mots-clés: l'énergie solaire, concentrateur cylindro parabolique, capteur solaire.

1. Introduction

L'utilisation du rayonnement solaire pour la production de nouvelles ressources d'énergie est l'une des préoccupations majeures de la recherche scientifique des énergies renouvelables, à l'heure actuelle. Dans ce contexte, la conversion de l'énergie solaire en énergie Photothermique (PT) trouve particulièrement un ressort remarquable dans divers domaines intéressants tels que : la thermo-électricité, la magnéto-électro-dynamique, la thermomécanique ou encore la thermochimie. En effet, le recours à des systèmes photothermiques adéquats représente un remède considérable pour concilier les exigences des secteurs de l'énergétique, de l'industrie et de l'environnement. Les systèmes photothermiques représentent un élément essentiel dans la maîtrise de l'énergie et par voie de conséquence, dans la protection de l'environnement [1].

L'actuel développement industriel et les impacts environnementaux montrent que l'énergie solaire pour les centrales thermiques solaires est la plus prometteuse des sources d'énergie non conventionnelles. La majeure partie des plantes disponibles dans les commerces communs solaires utilisent des concentrateurs cylindro-paraboliques. Un collecteur parabolique comprend ; un tube récepteur, un concentrateur, le pouvoir transmission, la structure de collecteur, un élément récepteur est du système sur lequel le rayonnement solaire est absorbé et converti en énergie thermique. Il comprend un tube absorbeur, sa couverture de verre associée, et l'isolation à son extrémité.

Les systèmes solaires à concentration offrent la possibilité de produire de l'électricité à partir de l'énergie solaire, les températures pouvant aisément dépasser les **500 °C** et le rendement de conversion est généralement élevé. En exploitant, le rayonnement solaire direct considéré comme la ressource principale qui est considérable à l'échelle planétaire, ces technologies offrent une véritable alternative à la consommation des ressources fossiles avec un faible impact environnemental et un fort potentiel de réduction des coûts ainsi que la possibilité de l'hybridation de ces installations.

Le Tiers-monde pourrait ainsi concourir à 37% de la demande mondiale en 2000 (25% en 1976) et approcher les 50% peu après 2020. Néanmoins, les consommations par habitant restent très modestes 1,1 tep en 2000, 1,5 tep éventuellement en 2020 alors que l'habitant des pays industrialisés verrait sa consommation actuelle de 5 tep augmenter de 3 à 4 tep en 2020 [2]. Aujourd'hui, des milliers de capteurs de ce type produisent une puissance totale de plus de 674 MW dans le désert de Mojave au sud Californien qui représente 90 % de la capacité solaire installée au monde. [3]

Plusieurs recherches ont été réalisées pour étudier l'absorbeur différent tubes performance, tels que les tubes absorbeurs sans enveloppe de verre [4] et les tubes avec l'enveloppe de verre. Signifié que notre étude est basé sur deux élément différents dans le concentrateur CCP ces la direction et le tube absorbeur.

2. Comment utiliser l'énergie solaire ?

En dehors de la traditionnelle utilisation de l'énergie solaire pour le séchage des produits agricoles, pour la production de sels par évaporation et la culture en serres, il est possible de trouver des applications à basse température (chauffage de l'eau, climatisation des habitations, dessalement de l'eau, réfrigération solaire etc.) et qui répondraient à un grand nombre de besoins ne nécessitant pas une puissance énergétique élevée et des applications à température relativement plus élevée (cuiseurs et fours solaires) nécessitant par conséquent une concentration du rayonnement [5].

L'énergie solaire [6, 7, 8], peut être exploitée sous deux formes principales : la conversion photothermique qui consiste en une transformation directe du rayonnement solaire et la conversion photovoltaïque pour la production d'électricité, nous traiterons dans le cadre de ce travail seulement la première voie de conversion.

Nous verrons quelles sont actuellement les possibilités techniques des installations utilisant ce procédé? Quels en sont les avantages et les inconvénients au niveau socio-économique? et quelles sont les perspectives. L'effet photothermique ou plus prosaïquement " l'effet de serre optimisé" comme le décrit Charles Genaudeau est l'histoire de deux couleurs qui ne figurent pas dans l'arc-en-ciel : le Noir et le Blanc, la première absorbe la totalité de la lumière alors que la seconde la réfléchit.

Lorsque le rayonnement de la lumière du soleil (photons ou grains de lumière) franchit un obstacle transparent (verre ou plastique) et qu'il arrive sur une surface enfermée dans un caisson et si cette dernière a les propriétés physiques d'un corps noir, il est entièrement absorbé. La surface ou "absorbeur" s'échauffe et réémet dans les grandes longueurs d'onde $2 < \lambda < 10 \mu\text{m}$. Ce rayonnement ne peut ressortir et se trouve piégé dans le caisson - une serre - Le transparent, alors devient un "corps blanc".

On peut augmenter l'énergie captée par l'utilisation d'un double vitrage et/ou de surfaces sélectives (dépôts de multicouches soigneusement choisies) qui présentent un intérêt surtout pour les surfaces captatrices à haute température, ou encore des structures cellulaires antirayonnantes.

Par ailleurs une isolation arrière et latérale est primordiale afin de limiter les pertes par transmission vers l'extérieur. On peut également placer l'absorbeur sous vide.

La conversion thermique est actuellement la plus facile à réaliser et à mettre en oeuvre, donc la plus répandue. Elle est réalisée suivant deux types de procédés ; soit les capteurs plans soit les capteurs à concentration. Quant aux utilisations nous serons étonnés de découvrir dans ce qui suit, toutes les potentialités que nous offre le soleil et qui touchent à tous les besoins des hommes sur la terre.

3. Etude expérimentale

3.1. La Réalisation

3.1.1 Construction du prototype de concentrateur cylindro parabolique

La base principale du concentrateur solaire de prototype est une surface réfléchissante parabolique, qui tend profiter de chaque rayon de lumière venant de l'infini est concentrée au foyer. Dans la mise au point de la surface parabolique est placé un tube du cuivre, qui sert à transformer l'énergie solaire en énergie thermique.

En faisant circuler un fluide à l'intérieur du tube métallique est obtenu ci-dessus, dans notre cas, on utilise de l'eau, qui sera converti en vapeur par la transformation de l'énergie dans ce domaine. Pour rendre plus efficace l'énergie transformée du tube métallique, elle est isolé de l'environnement par le biais d'un tube de verre sous vide entre eux la pratique se fera dans la troisième et la quatrième expérience.

La surface réfléchissante du prototype de concentrateur parabolique solaire a les dimensions suivantes : 200 cm de longueur, 144 cm de largeur et 43.2 cm de distance focale. Pour former cette surface, nous utilisons une tôle galvanisée tapissée avec des morceaux de miroir, réfléchissant à une réflexion supérieur à 93%.

3.1.2. Les différents étapes (stades) de contribution de CCP

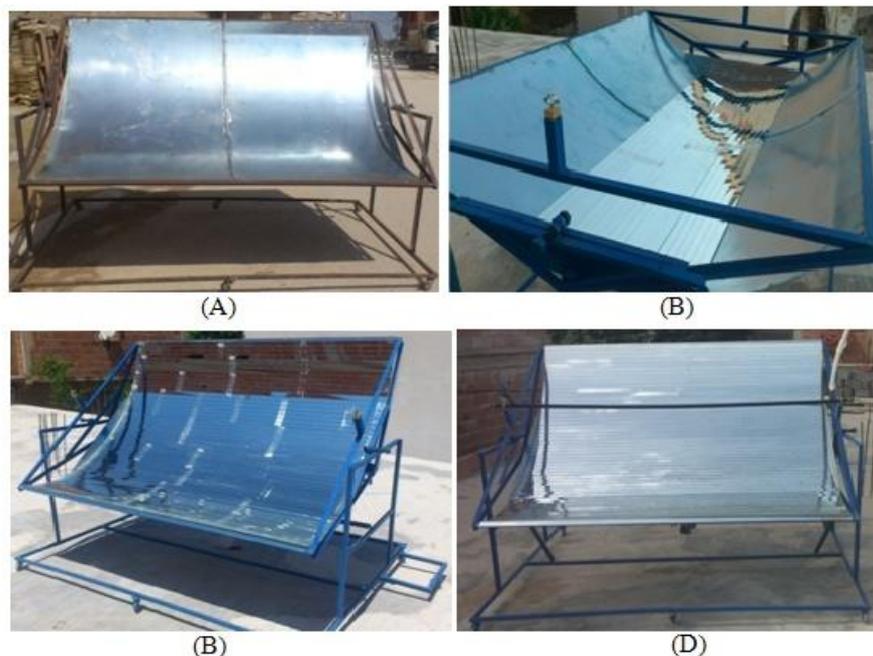


Figure 1: Le concentrateur cylindro parabolique.

Ces quatre (04) photos montrent les différents stades de construction de ce concentrateur cylindro parabolique.

Au début la structure de support galvanisé a été conçue pour former le demi-cylindre concentrateur solaire parabolique comme représenté sur la photo (A), Photo (B) montre l'emplacement et le collage des miroirs sur la tôle cylindrique. Et pour les photos (C, D) elles présentent la forme finale de notre corps cylindro parabolique.

3.2. Résultats expérimentales

3.2.1. Teste de performance avec une orientation verticale

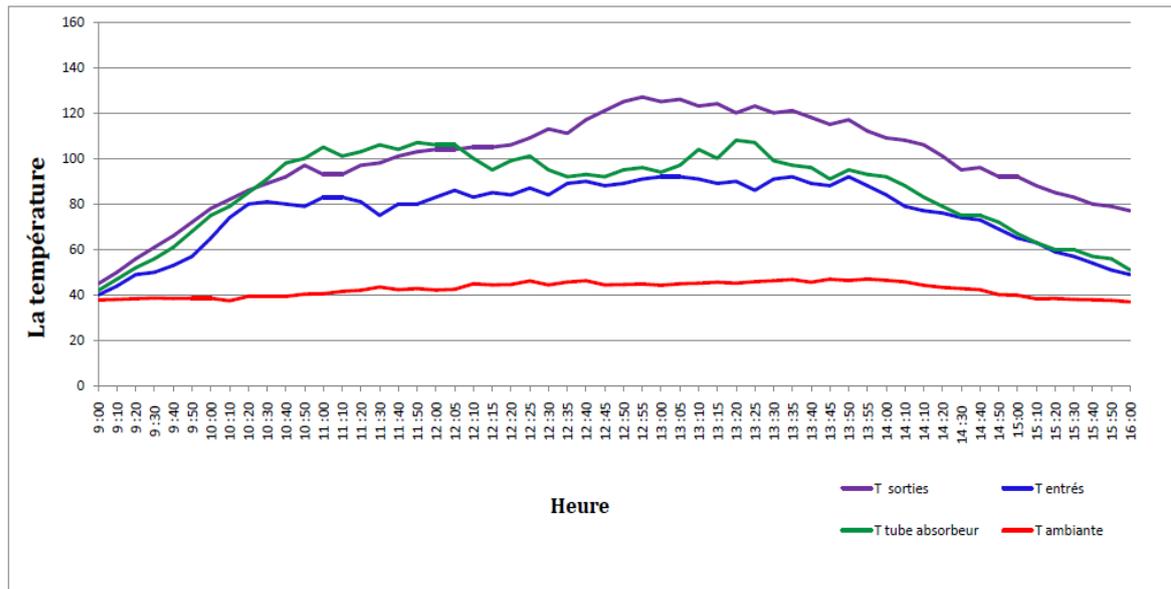


Figure 2 : Résultats expérimentaux du concentrateur cylindro parabolique avec orientation verticale réalisée le 25/07/2014.

Figure (2) montre les résultats de test effectué en 25/07/2014. Il y'avait une température ambiante de 41°C avec une présence de vent occasionnellement.

Les températures au début sont très proches. Puis elles ont augmentés surtout au niveau de l'absorbeur et la température de sortie.

Après 80 minutes environs on note que la température de l'absorbeur a dépassée la température du fluide caloporteur à la sortie mais elle ne dure pas longtemps jusqu'à que la température du fluide à la sortie dépasse celle de l'absorbeur et elle est arrivée à son maximum à 127° C et cela eux envions de 12h55 puis elle est descendue à la fin de la séance expérimentale jusqu'à 77° C vers 16 h.

On remarque assez de changement de la chaleur au niveau du tube absorbeur sous l'influence de la variété et de la vitesse du vent. Le tableau suivent exprime la température maximum dans les différentes partie de concentrateur cylindro parabolique :

Tableau 01

	TEMPERATURE °C	HEURE	LA DATE
T_s max	127	12 :55	25 / 07 / 2014
T_e max	93	13 :00	25 / 07 / 2014
T_{abs} max	108	13 :20	25 / 07 / 2014
T_{amb} max	47.1	13 :55	25 / 07 / 2014

3.2.2. Teste de performance avec une orientation bi axiale (oblique)

Les tests sont effectués le **29/07/2014** de **9h00** à **16h** c'est un jour clair à part un écoulement du vent seulement au début et avec une température ambiante de **41° C**.

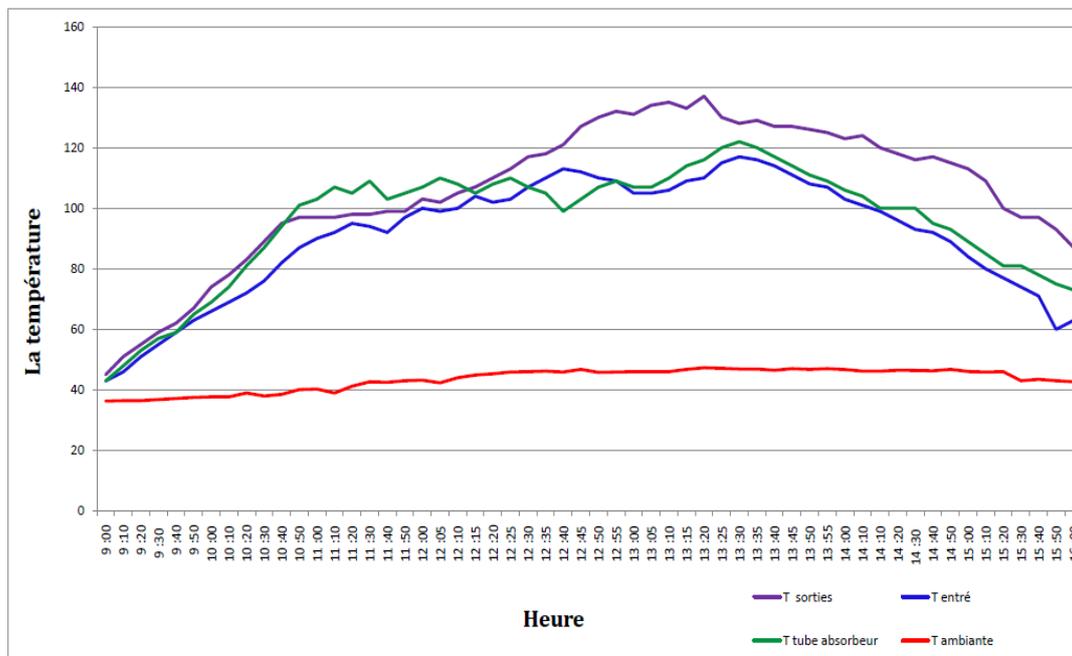


Figure 3: Résultats expérimentaux du concentrateur cylindro parabolique avec orientation bi axiale réalisée le 29/07/2014.

Lors du changement de la méthode d'orientation de concentrateur cylindro parabolique bi axiale on a remarqué une augmentation de la température de fluide a sa sortie, que dans ce cas la captation des rayons solaires dans tous les sens est très importante d'où l'assurance de l'utilisation massive de l'énergie solaire.

On a noté une température **137° C** qui n'a atteint que **127° C** lors de la précédente expérience ce qui prouve la performance de ce cas.

Le tableau suivant prouve le résultat expérimental :

Tableau 02

	TEMPERATURE °C	HEURE	LA DATE
T_s max	137	13 :20	29/ 07 / 2014
T_e max	117	13 :30	29 / 07 / 2014
T_{abs} max	122	13 :30	29/ 07 / 2014
T_{amb} max	47.3	13 :20	29 / 07 / 2014

3.2.3. Teste de performance avec une orientation bi axiale (5 cm)

La Figure (4) montre les résultats de test effectué en 13/08/2014. Avec une température ambiante de 41°C.

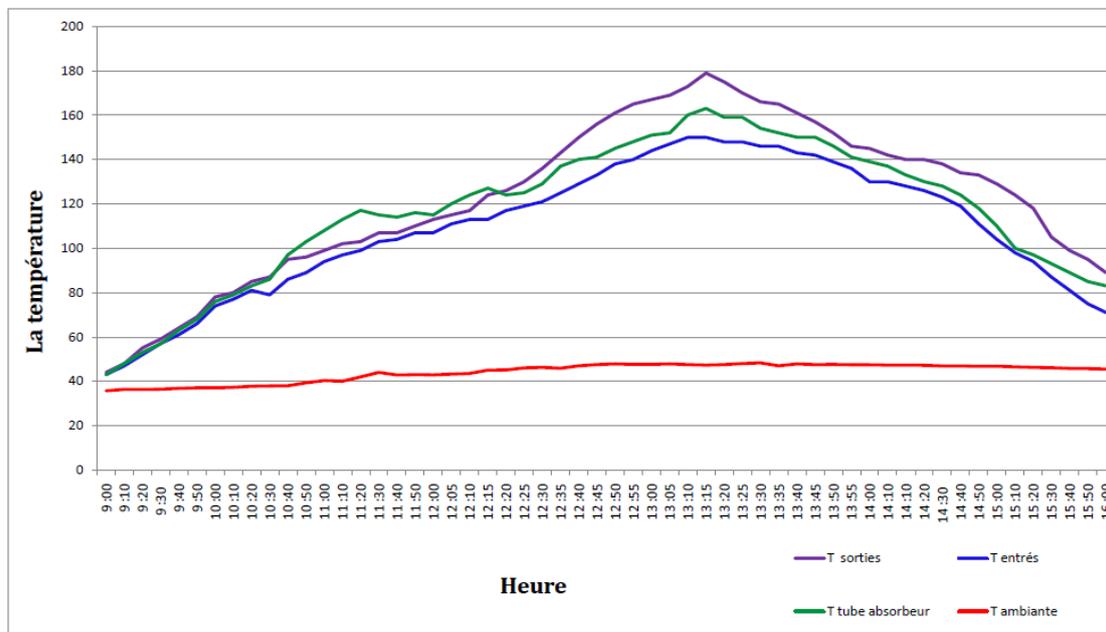


Figure 4 : Résultats expérimentaux du concentrateur cylindro parabolique avec orientation bi axiale et le tube absorbeur couvert avec enveloppe du verre réalisée le 25/07/2014.

Dans la 3^{ème} expérience nous avons enveloppé le tube absorbeur par le verre de 05 cm de diamètre. Dans ce cas le résultat obtenue est plus performante encore que dans la 2^{ème} expérience.

Dans le processus de l'élévation de la température devenu rapide et a atteint 100° C à 11h où elle n'a pas relevée dans expériences précédentes jusqu'à 11h40. La couverture en verre du tube absorbeur a nettement contribué à l'augmentation de la température de sortie qui a atteint son maximum (179° C) et ce à 13h15.

Tableau 03

	TEMPERATURE °C	HEURE	LA DATE
T_s max	179	13 :15	13/ 08 / 2014
T_e max	151	13 :15	13/ 08 / 2014
T_{abs} max	163	13 :15	13/ 08 / 2014
T_{amb} max	48.3	13 :30	13/ 08 / 2014

3.3. Etude comparative

3.3.1. Entre l'orientation verticale et bi axiale

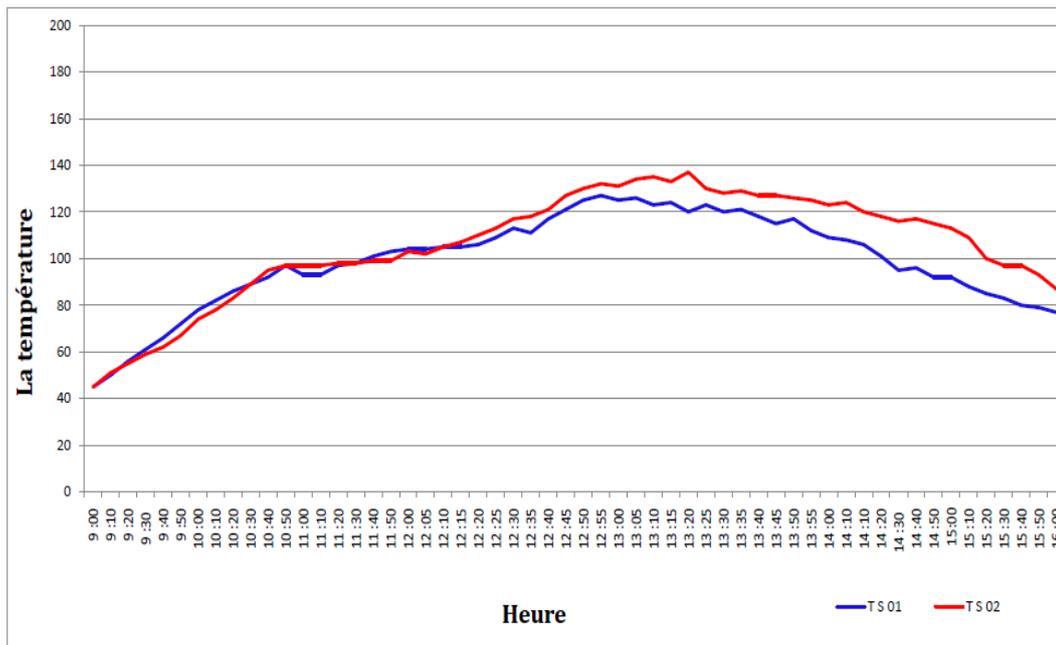


Figure 5 : La différence entre les résultats expérimentaux avec orientation verticale et bi axiale.

On peut constater d'après **la figure 5** que la température du fluide caloporteur à la sortie reste presque la même. Et ce jusqu'à **12h15**, puis on note une augmentation de la température au niveau de l'expérience de l'orientation bi axiale. Celle-ci restera à ce niveau jusqu'à la fin d'expérience.

Le tableau suivant dénote la différence entre les deux expériences surtout les niveaux.

Tableau 04

	T_s	T_e	T_{abs}	T_{amb}
T_{max} 01 °C	127	93	108	47,1
T_{max} 02 °C	137	117	122	47,3

3.3.2. Entre l'orientation verticale et bi axiale (5cm):

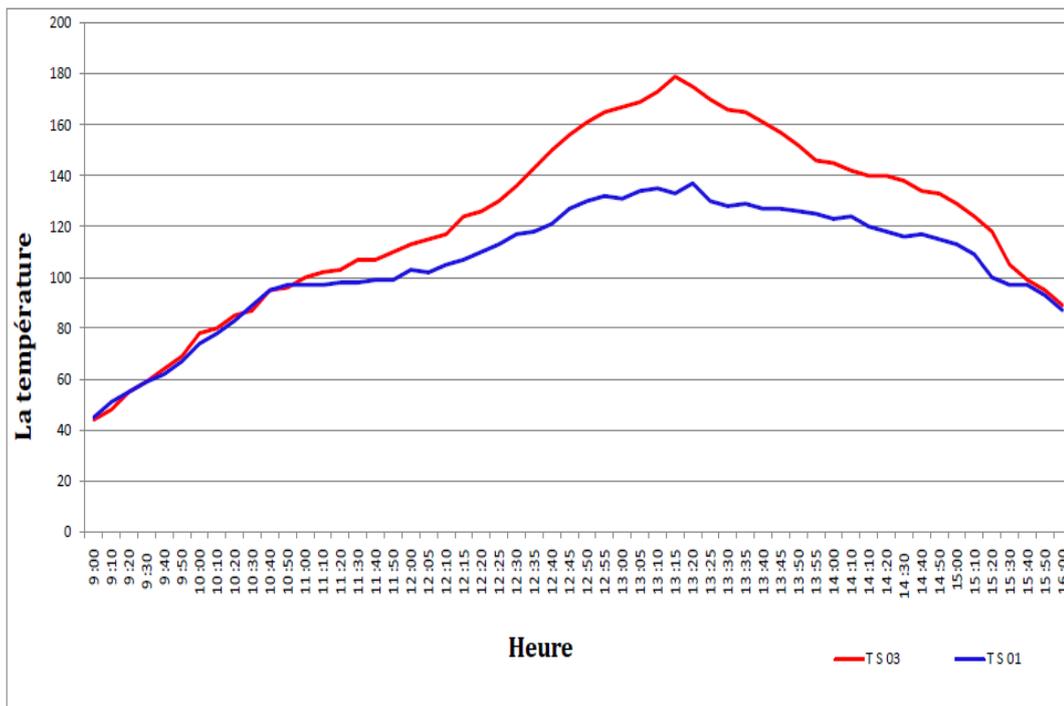


Figure 6 : La différence entre les résultats expérimentaux avec orientation verticale et bi axiale et le tube absorbeur couvert avec une enveloppe de verre.

D'après la comparaison entre les deux méthodes il apparait l'efficacité basé sur :

- ✚ L'orientation bi axiale.
- ✚ Tube absorbeur enveloppé de verre.

Dans la figure 6 le rapprochement de la température ne dure pas longtemps car à partir de 10h40 on note une nette différence de la température entre les deux expériences et ce jusqu'à 15h20 où les températures arrivent presque au même niveau.

Le tableau suivant dénote la différence entre les deux expériences sur-tout les niveaux.

Tableau 05

	T_s	T_e	T_{abs}	T_{amb}
T_{max} 01 °C	127	93	108	47,1
T_{max} 03 °C	179	151	163	48,3

4. Conclusion

L'énergie solaire a la vocation de satisfaire les besoins en zones rurales et en régions isolées qui sont forts importants globalement et souvent négligés dans la mesure où il s'agit de besoins différenciés et géographiquement dispersés. Il s'agira en général d'assurer un approvisionnement minimum en eau, des moyens simples de chauffage et de conservation des aliments et de médicaments. En outre la technologie solaire est fiable, elle ne nécessite pas de délais importants de mise en route ni de compétence hautement spécialisée, et dans ce travail nous avons réalisé un concentrateur cylindro parabolique avec un système qui permet d'absorption à une meilleure méthode utilisable de l'énergie solaire.

En suite nous avons réalisé des testes sur ce concentrateur dans plusieurs états qui sont soit lies au sens ou au tube absorbeur.

On a remarqué que la température de sortie du fluide caloporteur a dépassé les **100° C** avec une différence de la duré selon la méthode pratiqué. Au terme des expériences on à déduit que l'orientation bi axiale du concentrateur solaire qui utilise un tub absorbeur enveloppé de verre est la méthode la plus performante parmi les autre expériences.

Références

1. Duffie J., Beckman W.A., (1980) « *Solar Engineering of Thermal Process* », Ed. Wiley and Sons, U.S.A,
2. D. Guerraiche, A. Benderradji et H. Benmoussa «Facteurs optiques et géométriques caractérisant un concentrateur cylindro-parabolique » *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 14 N°2 (2011) 229 – 238
3. M. Roesle, «Numerical analysis of heat loss from a parabolic trough absorber tube with active vacuum system, » *J. Sol. Energy Eng.*, vol. 133, August 2011.
4. *Proceeding of 8th Internationnal Symposium of solar thermal concentrating Technology*, Germany, 6-11 october, vol. 2,3, 1997.