

Développement et expérimentation d'un cuiseur solaire à double exposition

Arezki Harmim^{1*}, Maiouf Belhamel², Mebarek Boukar¹ et M'hammed Amar¹

¹ Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien, 'URERMS'
B.P. 478, Route de Reggane, Adrar, Algérie

² Centre de Développement des Energies Renouvelables, 'CDER'
B.P. 62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger, Algérie

(reçu le 15 Mars 2008 – accepté le 30 Septembre 2008)

Résumé - Notre travail s'inscrit dans le cadre du développement et de la vulgarisation de la cuisson solaire en milieu saharien. Un prototype a été construit par des moyens rustiques. Il s'agit d'un cuiseur solaire à double exposition muni d'un réflecteur parabolique. Dans ce papier, on présente les résultats obtenus de l'expérimentation de ce prototype effectuée à Adrar. Les résultats obtenus par les différents tests sont satisfaisants et encourageants d'autant plus que les cuiseurs solaires sont simples de construction. Notre prototype arrive à atteindre des températures favorables à la cuisson saine de différents produits et plats alimentaires.

Abstract - Our work deals with development and popularization of solar cooking in Saharan medium. A prototype was built by rustic means; it is a double exposure solar cooker provided with parabolic reflector. In this paper we expose the results obtained by the experimentation of this prototype which was carried out in Adrar. The results obtained by the various tests are satisfactory and encouraging more especially as the solar cookers are simple of construction. Our prototype reaches temperatures favourable to healthy cooking of various products and food dishes.

Mots clés: Cuiseur solaire - Réflecteurs plans - Plaque chauffante - Réalisation - Expérimentation - Tests - Milieu saharien.

1. INTRODUCTION

L'Algérie dispose d'un gisement solaire important où toutes les applications solaires peuvent voir le jour. L'une des applications les plus attrayantes est la cuisson solaire. Cette application constitue une solution pour limiter la déforestation et l'utilisation abusive des énergies fossiles dont les émissions des gaz à effet de serre peuvent mettre en péril le devenir de l'humanité. En effet, pour les citoyens qui sont installés dans plusieurs régions isolées de notre territoire, la cuisson des aliments revient très onéreuse, quand on exploite les sources énergétiques conventionnelles et induit des conséquences désastreuses sur l'écosystème en exploitant le bois des quelques arbustes restants dans ces régions.

Notre travail s'inscrit dans le cadre du développement et de la vulgarisation de cette application. En tenant compte des résultats encourageants obtenus suite à l'expérimentation d'un premier prototype de cuiseur solaire de type boîte [1]. Un nouveau prototype a été développé et réalisé. Il s'agit d'un cuiseur solaire à double exposition muni d'un réflecteur parabolique et de trois réflecteurs plans.

* aboumouna@caramail.com

Dans ce papier, on expose les résultats obtenus de l'expérimentation de ce prototype qui a été effectuée en périodes hivernale et estivale à Adrar. Les résultats obtenus par les différents tests sont satisfaisants et encourageants d'autant plus que ces systèmes sont simples de construction.

2. DESCRIPTION DU PROTOTYPE REALISE

Notre système se compose de deux parties distinctes: un réflecteur en forme parabolique et un boîtier dans lequel on dépose une plaque chauffante, (Fig. 1 et 2). Comme indiqué sur la figure 1, la disposition et l'orientation du réflecteur sont effectuées de telle sorte à faire réfléchir le rayonnement solaire incident sur sa surface vers une tache focale linéaire située au niveau de l'emplacement du boîtier.

Cette configuration permet une double exposition de la plaque chauffante du cuiseur solaire. La surface supérieure est directement irradiée par le rayonnement solaire incident sur une surface horizontale et sa surface inférieure est irradiée par la tache focale formée par le réflecteur en forme de branche parabolique.

Le réflecteur en forme de branche parabolique est effectué de morceaux rectangulaires de miroirs fixés sur un cadre en bois dont la partie supérieure est façonnée selon le profil d'une branche parabolique dont la distance focale est de 300 mm.

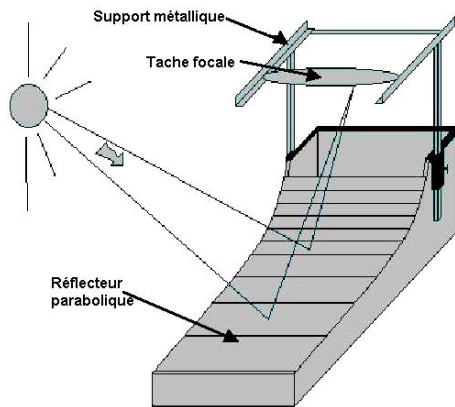


Fig. 1: Schéma descriptif du réflecteur en forme de branche parabolique

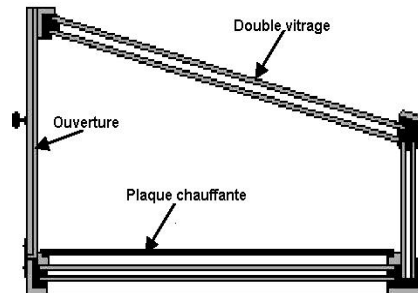


Fig. 2: Schéma descriptif du boîtier du cuiseur avec la disposition de la plaque chauffante

Un soin particulier a été observé lors de la réalisation du boîtier pour minimiser les pertes thermiques vers l'extérieur. Ses couvertures transparentes réceptrices de rayonnement solaire sont constituées d'un double vitrage réalisé en verre ordinaire de 4 mm d'épaisseur avec un espace de 5 mm entre les deux vitres.

Les parois de côté sont réalisées en bois, car elles ne sont pas réceptrices de rayonnement solaire. La portière est faite en bois recouvert d'une feuille en aluminium pour réfléchir le rayonnement incident sur sa surface vers la plaque absorbante. Le cadre

de la portière est doté d'un joint résistant à des hautes températures et permettant une bonne étanchéité thermique.

Les dimensions d'envergure de ce boîtier sont fixées, de telle sorte à bénéficier d'une plaque chauffante (tôle d'acier ordinaire peinte en noire) de 22 cm par 39 cm par 1.5 mm d'épaisseur, [2-4].

Afin d'augmenter l'irradiation solaire incidente sur la plaque chauffante, ce boîtier dispose d'une couverture transparente inclinée pour permettre la fixation de trois réflecteurs plans en miroir ordinaire fixés sur une tôle inoxydable. La fixation de ces réflecteurs est assurée par des charnières permettant leur orientation quand le système est exposé au soleil.

En dehors des moments de fonctionnement, les trois réflecteurs plans seront rabattus et la cuisinière sera fermée. Le boîtier sera directement installé sur le support métallique qui est fixé sur le réflecteur en forme de branche parabolique comme montré sur la photo de la figure 3.

3. ETUDE EXPERIMENTALE

Les tests expérimentaux ont été effectués sous ensoleillement naturel d'Adrar sur la plate-forme des essais de l'Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien.

Pour chaque test, on mesure la température ambiante, la température de la plaque chauffante, la température de l'air interne du cuiseur et la température interne de l'ustensile de cuisine utilisé, ainsi que le rayonnement solaire incident sur le plan horizontal.



Fig. 3: Vue représentant le prototype cuiseur solaire à double exposition sur banc d'essai expérimental, 'URER/MS', Adrar

Pour la mesure des températures, des thermocouples de type K ont été utilisés. Pour mesurer le rayonnement solaire global, on utilise un pyranomètre de type CM11, pour mesurer le rayonnement solaire global.

Tous ces transducteurs sont reliés à une acquisition de données, qui fait des lectures chaque 60 secondes.

Les différents tests effectués sur ce prototype sont classés selon deux groupes:

Test de stagnation

Durant ces tests, le cuiseur est exposé au soleil sans aucune charge: soit avec un ustensile de cuisine vide, soit sans ustensile.

Test de charge

Il s'agit des tests de chauffage de l'eau à l'ébullition et des tests de préparation de quelques plats qui nécessitent des températures de cuisson très élevées.

4. RESULTATS ET DISCUSSION

La figure 4 illustre les variations des températures de l'air interne du boîtier du cuiseur et de l'air qui se trouve dans la casserole vide déposée sur la plaque chauffante en fonction du temps durant un test de stagnation effectué le 15 octobre 2005. La température ambiante, ainsi que l'éclairement solaire mesuré sur le plan horizontal durant le test sont également montrés sur cette figure. On remarque que la température de l'air qui se trouve dans le boîtier du cuiseur a dépassé 120 °C en moins d'une heure et la température de l'air qui se trouve dans la casserole a dépassé 120 °C en moins de 30 minutes. Lors du test, nous avons remarqué que la fréquence d'ajustement du cuiseur solaire est importante pour le maintien et la stabilité de la température de l'air se trouvant dans le boîtier.

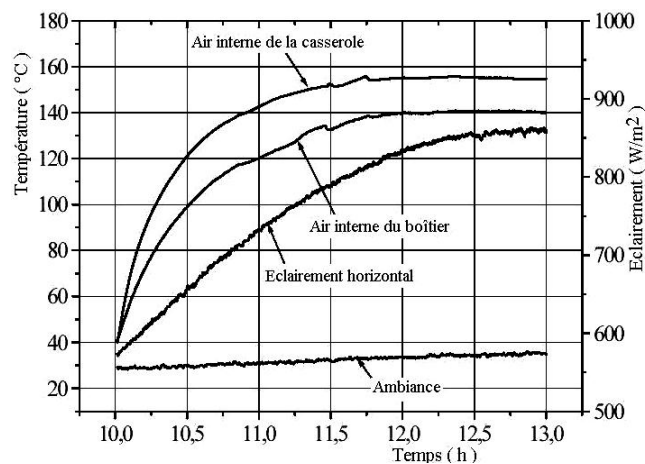


Fig. 4: Variation des températures du cuiseur (test de stagnation du 15/10/05)

Sur la figure 5, on montre les variations des températures de l'air interne du boîtier du cuiseur et de la plaque chauffante en fonction du temps durant un test de stagnation sans aucune charge effectué le 18 juillet 2006.

On remarque que la température de la plaque chauffante a dépassé 120 °C en moins de 15 minutes. Le maximum est de 173 °C atteint après une exposition de 70 minutes. Au-delà de 10 heures et demi, on enregistre une baisse de température qui est due à l'absence d'ajustement du cuiseur, qui a été fait intentionnellement pour vérifier l'isolation hermétique du boîtier.

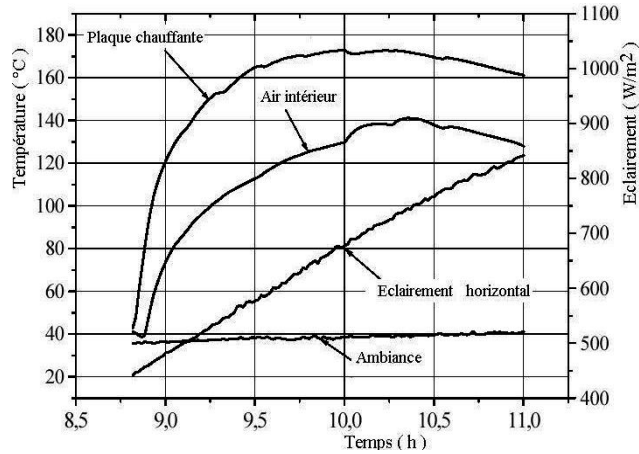


Fig. 5: Variation des températures du cuiseur (test de stagnation du 18/07/06)

Pour les tests avec charge, on s'est limité dans un premier temps aux essais relatifs à la préparation de quelques plats alimentaires comme le poulet, la viande, et le pain. La cuisson des différents plats a été bonne et la durée de cuisson est améliorée par rapport à celle relative au cuiseur solaire de type boîte.

A titre d'exemple, on donne en figure 6, les résultats de test de cuisson d'un cake. Le plat est introduit dans le cuiseur solaire après 1 heure 30 minutes de pré-chauffage. La température de la plaque chauffante a atteint 130 °C.

Dans un premier temps, l'inertie thermique du plat impose un palier de température relativement constante, puis la température de la plaque augmente jusqu'à atteindre la limite de 168 °C en fin de cuisson après une durée de 45 minutes.

Des résultats similaires ont été obtenus lors de la cuisson d'une pizza, du pain et d'autres plats alimentaires.

Les tests de chauffage d'eau à l'ébullition ont été effectués en mesurant la température de l'eau qui est mise dans l'ustensile de cuisine. (Fig. 7).

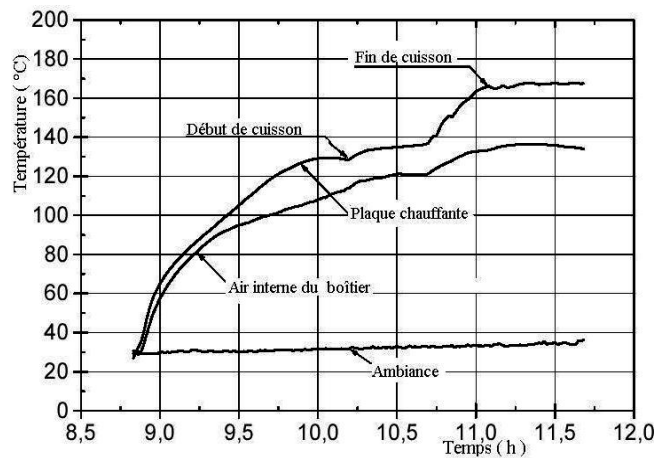


Fig. 6: Température de la plaque chauffante durant le test du 04/06/06 (préparation d'un cake de 450 g)

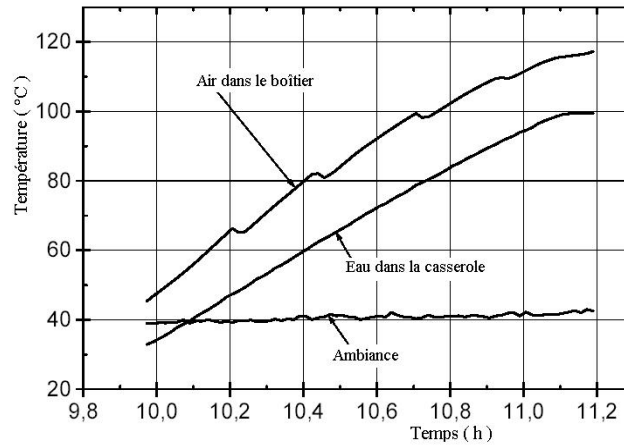


Fig. 7: Variation de la température de 1 litre d'eau porté à l'ébullition durant le test du 17/07/06

Les résultats obtenus durant le test du 17/07/06 nous montrent que la température de l'air interne reste constamment supérieure à celle de l'eau qui se trouve dans l'ustensile de cuisine.

Ceci nous a donné une idée pour la réduction du temps de chauffage à l'ébullition, c'est-à-dire la réduction de la durée de cuisson, en améliorant le transfert de chaleur entre l'air interne et l'ustensile de cuisine.

Ceci a été obtenu par le moyen d'une casserole muni d'ailettes externes, [5]. Avec cette nouvelle forme d'ustensile de cuisine, on arrive à améliorer les performances des cuiseurs solaires. Il a été montré, que la réduction sur la durée de cuisson est de l'ordre de 13 %, [5].

5. CONCLUSION

Ce papier présente les résultats des tests expérimentaux d'un prototype de cuiseur solaire à double exposition, muni de trois réflecteurs plans pour améliorer l'irradiation solaire incidente sur sa plaque chauffante.

Le prototype a été réalisé par des moyens simples et des matériaux disponibles. Les différents essais effectués sous un ensoleillement réel à Adrar ont démontré l'utilité de ce système. Avec de simples dispositifs, on arrive à faire cuire la plupart des aliments et plats alimentaires.

Cette application solaire peut être d'une grande utilité pour les populations des régions isolées et sa vulgarisation contribue au développement économique et social de ces régions.

REFERENCES

- [1] A. Harmim, M. Boukar et M. Amar, 'Etude Expérimentale d'un Cuiseur Solaire Boîte à Trois Réflecteurs Plans et une Surface d'Ouverture Inclinée', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 10, N°1, pp. 31 - 38, 2007.

- [2] A.Harmim, M. Boukar et M. Amar, '*Augmentation du Gain Energétique d'un Cuiseur Solaire à Double Exposition*', Colloque International sur les Energies Renouvelables, CER'07, Oujda, Maroc, 4 - 5 Mai 2007.
- [3] A. Harmim, M. Boukar et M. Amar, '*Construction et Expérimentation d'un Cuiseur Solaire à Double Exposition en Milieu Saharien*', SIPE'8, Centre Universitaire de Béchar, Algérie. 11 - 12 Novembre 2006.
- [4] A. Harmim, M. Boukar et M. Amar, '*Contribution à l'Amélioration des Performances d'un Cuiseur Solaire à Double Exposition*', CNESOL'06, Université de Béjaïa, Algérie, 29 - 30 Novembre 2006.
- [5] A. Harmim, M. Boukar and M. Amar, '*Experimental Study of a Double Exposure Solar Cooker With Finned Cooking Vessel*', Solar Energy, Vol. 82, N°4, pp. 287 – 289, April 2008.