

Etude des Performances d'un Séchoir Solaire Indirect dans le Site de Ghardaïa

¹S. Kherrou, K. Kaci, F. Chellali

Résumé— Après une comparaison des différents types de séchoirs solaires nous avons opté pour le séchoir solaire indirect vu les avantages qu'il présente et essentiellement sa caractéristique de conserver la qualité du produit séché telles que sa couleur, saveur et sa valeur nutritionnelle (notamment les vitamines A et C).

Notre projet consiste à l'étude théorique et expérimentale d'un séchoir solaire indirect réalisé au sein de notre unité. Pour ce faire, un model mathématique est proposé. Ce séchoir est composé d'un capteur à air (collecteur qui convertit le rayonnement solaire en chaleur), une chambre de séchage qui contient le produit et un cheminé. Dans notre travail nous avons exposé toutes les étapes suivies dans la réalisation du séchoir solaire, avec le choix du matériau et des dimensions ainsi que le coût.

Le rendement thermique de notre séchoir est calculé en fonction des surfaces du capteur (surface du vitrage, surface de la plaque absorbante).

Expérimentalement parlons, les températures de la plaque absorbante sont les plus élevées. Ces résultats peuvent être justifiés sans aucun doute par le pouvoir d'absorption qui est important pour le rayonnement solaire.

Mots clés— Température – Séchoir solaire indirect –Capteur à air – Rayonnement – Rendement.

I. INTRODUCTION

Les séchoirs solaires se divisent en deux modèles, les séchoirs directs où les produits sont exposés directement au soleil par contre le produit n'est pas exposé directement au soleil dans les séchoirs indirects, il est même à l'abri de la lumière, ce qui autorise une meilleure préservation des qualités nutritionnelles de l'aliment.

Les capteurs à air peuvent être utilisés dans beaucoup d'applications nécessitant de températures basses et modérées, telles que les chauffages des locaux, le séchage des produits agricoles, le séchage du bois, le séchage des briques, etc. [1].

Ces capteurs transforment l'énergie radiante du soleil en énergie thermique extraite par l'air en écoulement dans le capteur [2], l'air chaud sortant du capteur est utilisé pour sécher les produits agricoles (ici le séchage des dattes) contenue dans l'armoire de séchage.

II. PROBLEMATIQUE :

Le problème rencontré par les agriculteurs de la région de Ghardaïa c'est la conservation des dattes le plus longtemps possible et surtout comment garder la valeur qualitative des datte avec un meilleur rendement de leurs séchoirs.

S. Kherrou, Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, Ghardaïa, Algérie (e-mail: s_kherrou@yahoo.fr)

K. Kaci, Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, Ghardaïa, Algérie

F. Chellali, Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, Ghardaïa, Algérie

Dans le but une meilleure conservation des dattes on a choisi de produire la poudre de datte par le séchage solaire indirect qui a la particularité d'un taux d'humidité presque nul ce qui veut dire une meilleure conservation.

III. REALISATION DU SECHOIR:

Le séchoir solaire indirect représenté en figure 1 a été réalisé par un capteur plan solaire dont les caractéristiques sont donné en tableau 1 .Il est récupéré a partir d'un chauffe eau solaire, une armoire en contre plaqué avec trois tiroirs ou les produits séchés sont déposés. Pour la mesure des températures des différents éléments du séchoir représenté en figure 2, on a placé les thermocouples de type K dans les endroits correspondant pour le calcul du bilan thermique global.

Au premier temps les tests sont prisent à vide ensuite des dattes et de la menthe sont introduites dans le séchoir.

o Fiche technique et principe de fonctionnement d'un séchoir solaire indirect:

TABLEAU1 : FICHE TECHNIQUE

Armoire	Hauteur : 1000 mm Largeur : 1030 mm Profondeur : 490 mm
Surface du séchage	Trois caissons : 1,08 m ²
Capteur à air	Longueur : 1920 mm Largeur : 960 mm Vitrage : 4 *885*1790mm3
Coût total:	22000,00DA



Fig.1 le séchoir solaire indirect

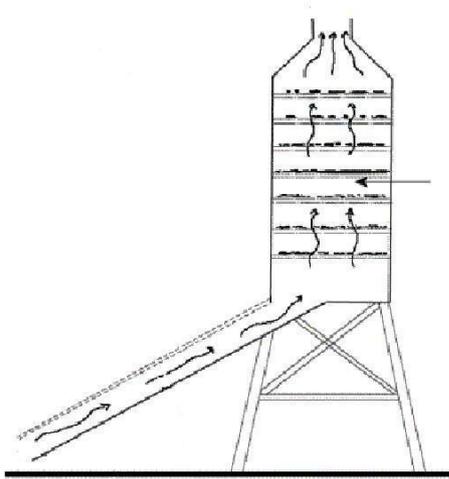


Fig.2 Représentation du séchoir

IV. BILAN ENERGETIQUE DU SYSTEME

A. Équation du bilan thermique au niveau de la vitre:

$$m_v C p_v \frac{dT_v}{dt} = A \left[\begin{array}{l} G_{ab} \alpha_v + h_{rabv} (T_{ab} - T_v) + h_{cav} (T_{moya} - T_v) \\ - h_{rvei} (T_v - T_{ci}) - h_{cvae} (T_v - T_{ae}) \end{array} \right] \quad (1)$$

B. Equation du bilan thermique au niveau de l'air caloporteur:

$$m_a C p_a (T_{as} - T_{ae}) = A \left[\begin{array}{l} G_{ab} (1 - \tau_v \alpha_{ab}) + h_{caba} (T_{ab} - T_{moya}) \\ - h_{cav} (T_{moya} - T_v) \end{array} \right]$$

C. Équation du bilan thermique au niveau de l'absorbeur :

$$m_{ab} C p_{ab} \frac{dT_{ab}}{dt} = A \left[\begin{array}{l} G_{ab} \tau_v \alpha_{ab} - h_{rabv} (T_{ab} - T_v) - \\ h_{caba} (T_{ab} - T_{moya}) - U_{ar} (T_{ab} - T_{ae}) \end{array} \right]$$

$$U_{ar} = \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{e_{iso} / \lambda_{iso} + e_{pext} / \lambda_{pext} + 1 / h_{capext}}$$

D. Équation du bilan thermique au niveau de l'air chaud dans l'armoire :

$$m_{ai} C p_a (T_{ai}^* - T_{ai}) = [-A_d h_{capro} (T_{ai} - T_{pro}) - A_{pi} h_{capi} (T_{ai} - T_{pi})]$$

i indique le niveau de l'air dans le séchoir
* indique le niveau précédent

E. Équation du bilan thermique au niveau du produit à sécher dans l'armoire :

$$m_{pro} C p_{pro} \frac{dT_{pro}}{dt} = A_d h_{capro} (T_{ai} - T_{pro}) - P_{ev}$$

$$P_{ev} = m_{sec} L_v \frac{dx}{dt} \quad ; \quad A_d = \pi D^2 n$$

F. Équation du bilan thermique au niveau de la paroi de l'armoire :

$$m_p C p_p \frac{dT_p}{dt} = A_{pi} h_{capi} (T_{ai} - T_{pi}) - A_{pe} h_{capi} (T_{pe} - T_{ae}) - A_{pi} \lambda_p (T_{pi} - T_{pe})$$

V. RESULTATS ET DISCUSSIONS :

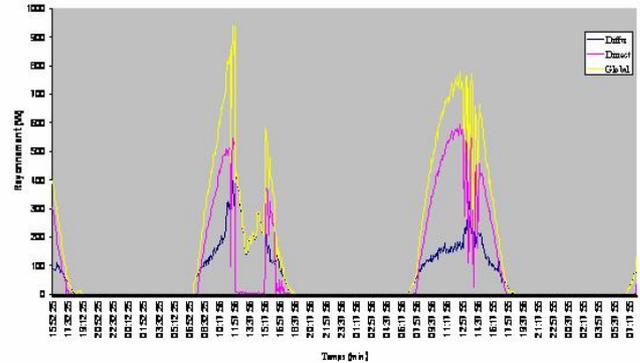


Figure 4 : Evolution du rayonnement solaire diffus, direct et global les jour des tests (09 et 10/11/09)

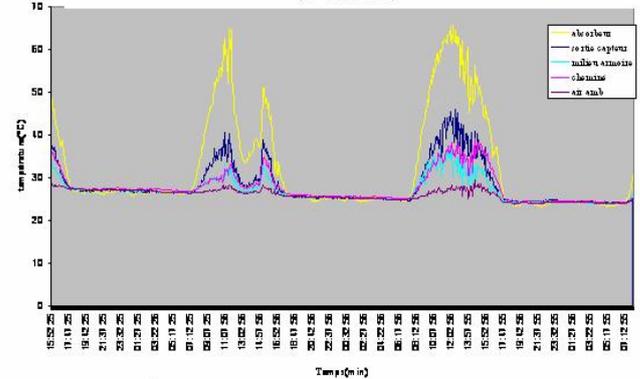


Figure 5 : Évaluation des Températures des différents points du séchoir le 09 et 10/11/09

La première figure montre l'évolution du rayonnement solaire diffus, direct et global mesuré le 09 et le 10 novembre 2009.

Concernant la journée du 09/11/09, on remarque des fluctuations, ceci est dû à un passage nuageux au environ de 13h. La valeur maximale atteinte par le rayonnement lors de cette journée est de 900 W/m², contrairement à la journée du 10/11/09 les nuages sont assez faibles ce qui a provoqué des petites perturbations, ces dernières sont assez remarquables en figure3.

On présente en figure 4 l'évolution de températures des différents lieux du séchoir (absorbeur, sortie du capteur, milieu armoire et cheminée). On remarque que le passage nuageux lors de cette journée a une grande influence sur les températures relevées pour raison de la température ambiante assez basse et une vitesse du vent

La température de l'air de séchage atteint les 45°C donc d'un écart de presque 20°C par rapport à la température ambiante (extérieur).

VI. CONCLUSION :

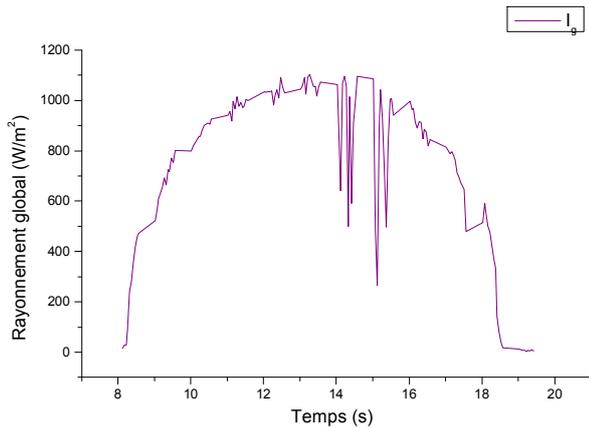


Fig.5 L'évolution du rayonnement solaire globale pendant la journée du 10/11/09.

En figure 5, on présente l'évolution du rayonnement solaire globale sur un plan incliné à latitude du lieu (32°) pendant la journée du 10/11/09. On remarque que le rayonnement globale suit une forme de cloche, il atteint un maximum (1000 W/m^2) autour de midi TSV, On observe aussi quelques fluctuations entre 14h et 16 h, ceci est dû au passage nuageux qui influe peu sur les tests.

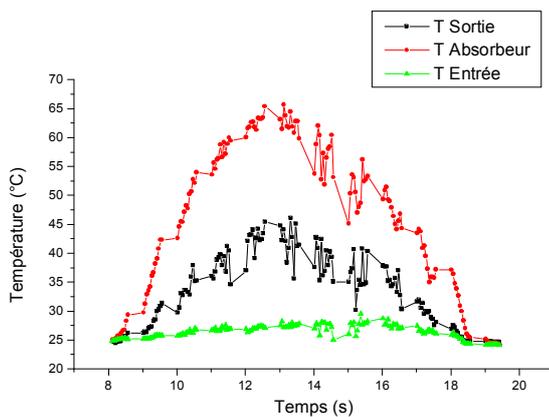


Fig. 6 L'évolution des températures en fonction du temps.

En figure 6, on présente l'évolution des températures en fonction du temps. On remarque que l'écart maximum de température entre l'entrée et la sortie du capteur est atteint autour de midi TSV, il peut atteindre les 16°C pour une température ambiante proche de la température d'entrée.

Concernant la température de l'absorbeur, elle atteint une température très importante avoisinante les 65°C , toujours autour de midi TSV.

On peut surtout remarquer qu'à l'absence du rayonnement (19h), les températures deviennent presque similaires à la température ambiante.

Dans le but d'avoir une meilleure conservation de dattes, une étude expérimentale sur un séchoir solaire a été réalisée au sein de l'Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables de Ghardaïa, une région réputée par ce procédé.

Les résultats expérimentaux montrent un meilleur rendement du séchoir.

Un modèle théorique régissant le bilan thermique a été développé afin d'étudier le système

Cette étude nous a permis une meilleure maîtrise des techniques et de dimensionnement des séchoirs solaires.

Il est recommandé dans une prochaine étude de réaliser une conception de nouveau type de séchoir solaire indirect en s'appuyant sur la partie théorique et l'étude technico-économique et d'envisager plus de tests sur d'autres types d'aliments qui diffèrent de leur structure biologique et physico-chimique.

NOMENCLATURE

A	Surface	$[\text{m}^2]$
h	coefficient de transfert de chaleur	$[\text{W}/\text{m}^2\text{°C}]$
T	Température	$[\text{°C}]$
Cp	Capacité calorifique	$[\text{J}/\text{Kg}^\circ\text{C}]$
m	Masse	$[\text{Kg}]$
\dot{m}	Débit	$[\text{m}^3/\text{s}]$
G	Rayonnement total	$[\text{W}/\text{m}^2]$
Indices		
v	Vitrage	
a	Air	
am	air ambiant	
moy	moyenne	
ci	voûte céleste	
ab	absorbeur	
r	rayonnement	
c	convection	
e	extérieur, entrée	
s	sortie	
ar	arrière	
iso	isolant	
pext	paroi extérieure (tôle après l'isolant)	

REFERENCES

- [1] D. Njomo. «Etude théorique du comportement thermique d'un capteur solaire plan à air à couverture combiné plastique vitre » Revue générale de thermique, vol 37 ; pp 973-980 ; (1998)
- [2] D.Semmar et al « Etude et réalisation d'un séchoir solaire plan à air » revue énergies renouvelables, physique énergétique ; pp 33-38 ; (1998).
- [3] M.Capderou.'Atlas solaire de l'Algérie, Tome1, vol1 et 2 : modèles théoriques et expérimentaux, office des publications universitaires, Algérie, 1987.
- [4] R. Miri. 'Contribution théorique et expérimentale à l'étude du bilan d'énergie d'une serre solaire', Thèse de magister, 1983.
- [5] M. Daguene. 'Les séchoirs solaires: Théorie et pratique', UNESCO, 1985.
- [6] B. Zeghmati. 'Modélisation informatique d'un séchoir à effet de serre pour fruits et légumes', perpignan, France, 1979.