



**Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 2nd International Seminar on New and Renewable
Energies**

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



Séchage solaire indirect de la tomate dans les régions arides

S. KHERROUR¹, B. DADDA, M. AISSA

¹Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
B.P. 88 Z.I. Garet taam, Ghardaïa, Algérie
E-mail: s_kherrou@yahoof.fr

Résumé— La nécessité de réduction des énormes pertes post-récolte de la tomate (*Solanum lycopersicum*) a conduit les agriculteurs du sud de l'Algérie à réfléchir de valoriser leurs productions sous forme de tomate séchée au soleil.

Le travail effectué consiste à suivre le processus du séchage de la tomate dans un séchoir solaire indirect réalisé au sein de notre unité. Ce dernier est composé d'un capteur à air (collecteur qui convertit le rayonnement solaire en chaleur), une chambre de séchage (qui contient le produit agricole) et une cheminée.

Dans ce travail, les différents paramètres régissant le processus physique ont été investis d'un côté par voie expérimentale et d'un autre côté par un modèle mathématique quantifiant le transfert de chaleur dans le séchoir. Il a été essentiellement constaté que la durée de séchage solaire de la tomate est d'autant plus longue que l'éclairement est faible et la température est basse. Le séchage solaire indirect diminue la détérioration physico-chimique et microbiologique de la tomate.

Mots-clés— Température – Séchoir solaire indirect – Rayonnement – bilan énergétique – tomate.

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 [1].

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. [2].

Ces capteurs transforment l'énergie radiante du soleil en énergie thermique extraite par l'air en écoulement dans le capteur [3], l'air chaud sortant du capteur est utilisé pour sécher les produits agricoles (ici le séchage des tomates) contenue dans l'armoire de séchage.

II. PROBLEMATIQUE

Le problème rencontré par les agriculteurs de la région saharienne c'est la conservation des produits agroalimentaires le plus longtemps possible et surtout comment garder la valeur

qualitative des tomates avec un meilleur rendement de leurs séchoirs.

La dégradation de la tomate fraîche est accentuée par sa teneur en eau très élevée (environ 90%) qui favorise sa détérioration physico-chimique et microbiologique [4]. Dans le but une meilleure conservation des tomates Le séchage solaire constitue le principal moyen de conservation au regard de la disponibilité de l'énergie solaire.

III. MATERIEL ET METHODES

1. Le séchoir solaire

Dans le but d'étudier l'influence du mode et de la température sur la cinétique de séchage de la tomate, il a été réalisé un séchoir solaire indirect au sein de l'Unité de Recherche Appliquée en Energie renouvelable de Ghardaïa, le séchoir 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 où les produits séchés sont déposés. Pour la mesure des températures des différents éléments du séchoir représentés 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 présent à vide ensuite de la tomate est introduite dans le séchoir.

TABLEAU 1
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



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

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



Fig.1 : le séchoir solaire indirect

2. Matériel biologique



Fig.2 : Tomate Saint-Pierre

La variété de tomate Saint-Pierre utilisé pour cette expérience est une belle tomate uniforme à peau lisse montrant très peu d'imperfections. Forme arrondie, couleur rouge profond. Format moyen, 6-7 cm. Bonne saveur. Produit même pendant les étés frais ou dans des conditions moins qu'optimales. Fiable. La Saint Pierre présente peut-être un look parfait de supermarché, mais son goût est nettement supérieur! Variété non hybride (pollinisation ouverte). 70-80 jours.

IV. ANALYSE MICROBIOLOGIQUE

TABLEAU 2
MILIEUX DE CULTURE SELON LECLERC ET AL. (5)

Flores microbiennes	Milieu de culture et barèmes de stérilisation	Conditions de culture
Germes aérobies mésophiles totaux	PCA (Plate Count Agar) 121°C pendant 15 min	Aérobies à 30°C ± 1°C pendant 72 ± 3 h.
Levures et moisissures	MEA (Malt Extra Agar) 115°C pendant 15 min	Aérobies à 25°C pendant 5 jours au maximum.

Coliformes fécaux	VRBL (Violet Red Bile Lactose Agar). Simple chauffage jusqu'à ébullition	Aérobies à 45,5°C pendant 24 h.
Clostridium SF	TSC (Tryptone/Sulfite /Cyclo-sérine) à 46°C	anaérobies à 46°C

V. RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Résultats du transfert de masse et d'énergie

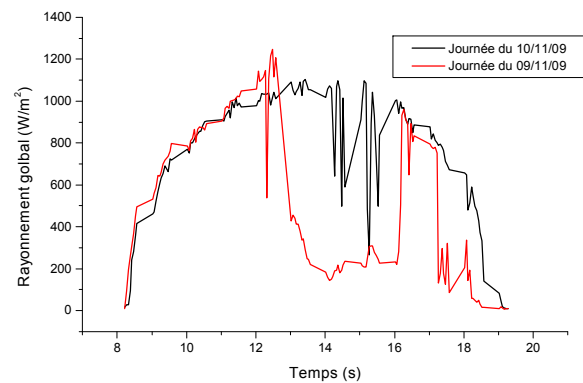


Fig.3 : Le rayonnement solaire global pendant les journées du 11/05/11 et 12/05/11.

En figure 3, on présente l'évolution du rayonnement solaire global sur un plan incliné à latitude du lieu (32°) pendant les journées du 11/05/11 et 12/05/11.

On remarque que le rayonnement global pour la journée du 12/05/11 suit une forme de cloche, il atteint un maximum (1000 W/m²) 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.

Contrairement pour la journée du 11/05/11, on remarque des fluctuations importantes, qui ont duré un peu plus de trois heures (au environ de 12h30 jusqu'à 16h00), ceci est dû à un grand passage nuageux. La valeur maximale atteinte par le rayonnement lors de cette journée est de 1100 W/m².



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

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

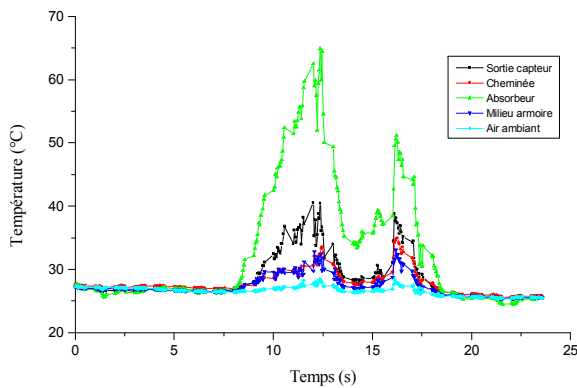


Fig.4 : L'évolution des températures de la journée du 11/05/11

En figure 4, on représente l'évolution des températures des différents lieux du séchoir (absorbeur, sortie du capteur, milieu armoire et la cheminée) pendant la journée du 11/05/2011.

On remarque que le passage nuageux lors de cette journée a une grande influence sur les températures relevées (au environ de 12h30 jusqu'à 16h00),

La température de l'air de séchage atteint les 45°C donc un écart avoisinant les 20°C par rapport à la température ambiante (extérieur), ce qui implique un bon rendement de séchoir.

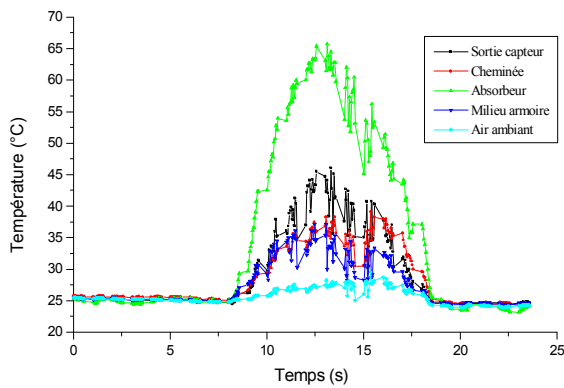


Fig. 5 : L'évolution des températures en fonction du temps pour la journée du 12/05/2011.

En figure 6 est représenté l'évolution des températures dans le séchoir pour la journée du 12/05/2011 (ciel clair). La température maximale atteinte par l'absorbeur est de 65°C. On

remarque qu'un écart presque de 6°C pour la température de sortie du capteur entre les 02 journées (clair et nuageuse).

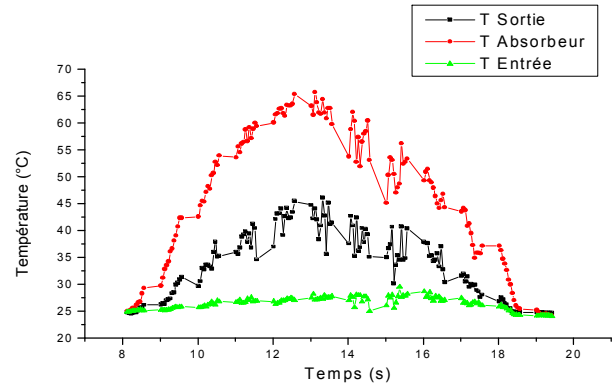


FIG. 6 : L'évolution des températures en fonction du temps.

En figure 6, l'évolution des températures en fonction du temps est représenté. 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.

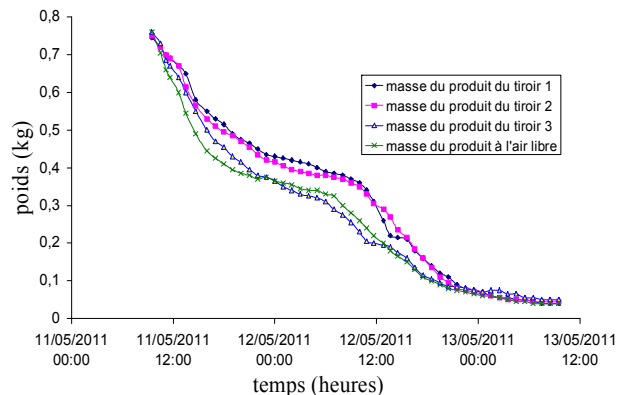


FIG.7 : L'évolution du poids de la tomate durant le processus de séchage



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

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



En figure 7, on représente l'évolution du poids de la tomate durant le processus de séchage dans des endroits différents.

Le produit à sécher perde de l'eau plus vite dans le tiroir n°3 et à l'air libre que celui du premier et du deuxième tiroir car il reçoit plus d'énergie et plus de chaleur donc le processus est plus rapide à l'extérieur.

1. Résultats de l'analyse microbiologique

Dénomination du produit :

1er: tomate séchée en soleil indirectement

2ème; tomate séchée en soleil directement

3ème: tomate fraîche

TABEAU 3
BULLETIN D'ANALYSE MICROBIOLOGIQUE

Détermination	Echantillons			
	1er	2ème	3ème	m*
Test de stabilité	/	/	/	/
PH	/	/	/	/
Germes aérobies 22 °C	/	/	/	/
Germes aérobies 30 °C	23.104	180.104	/	104
Entérobactéries	/	/	/	/
Coliformes	/	/	/	/
Coliformes fécaux	Abs	Abs	/	10
Escherichia Coli	/	/	Abs	102
Streptocoques D/50ml	/	/	/	/
Staphylococcus Aureus	/	/	/	/
Clostridium SR 46 °C	Abs	Abs	/	10
Levures	/	/	/	/
Salmonella	/	/	/	Abs
Moisissures	Abs	Abs	/	103

m* : seuil au dessous duquel le produit est considéré comme étant de qualité satisfaisante. Tous les résultats égaux ou inférieurs à ce critère sont considérés comme satisfaisants.

D'après le tableau 3, il s'agit donc d'analyses microbiologiques pour caractériser l'état sanitaire de cette variété de tomate.

1. en ce qui concerne les trois analyses négatives (coliformes fécaux, clostridium SR et les moisissures), elles indiquent que les deux produits sont conformes sur le plan sanitaire : inexistence de source de pollution fécale (eau d'irrigation, emballage...);

2. néanmoins, en ce qui concerne les germes aérobies mésophile bien que, pour la plupart des espèces, ces bactéries ne soient pas dangereuses pour la santé, leur détection dans les deux échantillons traduit une altération. Elle amoindrit la qualité intrinsèque de la denrée (goût, odeur, aspect). Leur nombre révèle avant tout que le procédé de séchage a été exécuté dans des conditions de bonnes pratiques de fabrication (BPF) insuffisantes.

VI. CONCLUSION

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

Les significations obtenues en matière d'autocontrôle :

- Traitement thermique insuffisant (inférieur à 65°C);
- Conservation inadéquate ou trop longue, permettant la prolifération de bactéries (température plus élevée que 5°C, conservation de plus de 72h de mets pré-cuisinés).

Même s'il n'existe pas une différence significative entre les deux échantillons, la tomate séchée directement est moins contaminé par les germes aérobies 30°C, ceci peut s'expliquer par l'effet des radiations solaires sur l'élimination de ces microorganismes, cette action qui est plus efficace par rapport au séchage indirect ou ce phénomène est moins important et même inexistant.

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.

RÉFÉRENCES

- [1] M. Dagueuet. "Les séchoirs solaires: Théorie et pratique", UNESCO, (1985).
- [2] 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)
- [3] D. Semmar et al "Etude et réalisation d'un séchoir solaire plan à air", revue énergies renouvelables, physique énergétique ; pp 33-38 ; (1998).
- [4] Igwe, E. C. et al. "International workshop on drying and improvement of shea and canarium". Presses Univ. de Yaoundé, Cameroun, 1999, pp. 213-220.
- [5] O. Fagbohoun & D. Kiki, "Aperçu sur les principales variétés de tomate locales cultivées dans le sud du Bénin", Bulletin de la recherche agronomique du Bénin, 24, 10-21 INRAB, Cotonou, République du Bénin 1999.